



TUGAS AKHIR - RE 141581

POTENSI PENGGUNAAN KEMBALI AIR BUANGAN AC, AIR HUJAN, DAN AIR BEKAS WUDHU DI LINGKUNGAN KAMPUS PENS DAN PPNS

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
03211440000105

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RE 141581

**POTENSI PENGGUNAAN KEMBALI AIR
BUANGAN AC, AIR HUJAN, DAN AIR BEKAS
WUDHU DI LINGKUNGAN KAMPUS PENS DAN
PPNS**

**CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
03211440000105**

**DOSEN PEMBIMBING
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - RE 141581

**POTENTIAL VALUE OF REUSING AIR
CONDITIONING, RAIN, AND ABLUTION
WASTEWATER IN PENS AND PPNS**

**CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
03211440000105**

**SUPERVISOR
Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

POTENSI PENGGUNAAN KEMBALI AIR BUANGAN AC, AIR HUJAN, DAN AIR BEKAS WUDHU DI LINGKUNGAN KAMPUS PENS DAN PPNS

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
NRP 03211440000105

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng
NIP 196503171991021001



POTENSI PENGGUNAAN KEMBALI AIR BUANGAN AC, AIR HUJAN, DAN AIR BEKAS WUDHU DI LINGKUNGAN KAMPUS PENS DAN PPNS

Nama Mahasiswa : Cheryko Adimas Rahardjo
NRP : 03211440000105
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

ABSTRAK

Kebutuhan sanitasi merupakan aspek yang penting dalam kehidupan. Salah satu bagiannya yaitu kebutuhan air bersih. Di bumi hanya sekitar 3% air bersih yang siap dikonsumsi, maka dari itu memanfaatkan dan mengolah kembali air buangan serta menampung air hujan merupakan salah satu cara mengatasinya. Dalam praktiknya pada kehidupan sehari-hari di Kampus hal tersebut memiliki keuntungan dalam segi finansial dibandingkan dengan penggunaan terus menerus air PDAM. Kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) dan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) memiliki potensi dalam pemanfaatan air buangannya sebagai pengganti air PDAM. Potensi tersebut ditinjau berdasarkan hasil analisis kualitas air dan kuantitas airnya. Air buangan yang berpotensi untuk dijadikan sebagai pengganti air PDAM dengan pengelolaan yang sederhana yaitu air buangan AC, air hujan, dan air bekas wudhu. Analisis potensi ini akan dijadikan acuan sebagai upaya dalam menurunkan biaya yang dikeluarkan untuk pemenuhan kebutuhan air minum Kampus.

Penelitian lapangan ini diawali dengan perumusan ide studi untuk menggunakan kembali air buangan sebagai pemenuhan kebutuhan air bersih di kampus PENS dan PPNS. Aspek-aspek yang dipertimbangkan dalam kajian ini terdiri dari aspek teknis dan finansial. Aspek teknis yang dipertimbangkan berupa kuantitas air buangan, kualitas air buangan, perencanaan teknis penyaluran, pengolahan, penampungan, dan operasional serta perawatannya. Aspek finansial berupa pengeluaran biaya untuk pemenuhan air bersih, biaya penghematan pelaksanaan program, biaya investasi konstruksi, dan biaya operasional dan

perawatan. Data yang terkumpul dianalisis secara teknis dan kelayakan finansial. Standar yang digunakan yaitu parameter wajib dalam PERMENKES no. 492 tahun 2010.

Dari hasil analisis, menunjukkan melalui penggunaan kembali air bekas wudhu, air buangan AC, dan air hujan pada Kampus PENS dapat dilakukan penghematan sebesar 76% dari total kebutuhan air per tahunnya, yaitu sekitar 36.015 m³ per tahunnya. Sedangkan pada Kampus PPNS, mampu terpenuhi secara 100%, sekitar 47.811 m³ mampu menjadi *supply* air bersih. Biaya pengeluaran penyediaan air bersih Kampus PENS pada tahun 2017 sejumlah 355 juta rupiah, dapat dilakukan penghematan sebesar 270 juta. Sedangkan pada Kampus PPNS dengan pengeluaran 34,5 juta rupiah pada pengeluaran penyediaan air minum dapat sepenuhnya terbebas dari biaya. Sedangkan, hasil analisis kelayakan finansial pada pengaplikasian program di gedung Pascasarjana Kampus PENS menyatakan bahwa proyek ini layak dilaksanakan secara finansial. Nilai kelayakan finansial program dibuktikan melalui perhitungan NPV yang menunjukkan nilai 53 juta rupiah dan BCR 1,371.

Kata Kunci: Air Hujan, Air Kondensasi AC, Air Wudhu, PENS, PPNS

POTENTIAL VALUE OF REUSING AIR CONDITIONING, RAIN, AND ABLUTION WASTEWATER IN EEPIS AND SHIPS

Name of Student : Cheryko Adimas Rahardjo
NRP : 03211440000105
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

ABSTRACT

Sanitation needs are important aspect of life. One of them is the need for clean water. In earth, there is only about 3% of clean water is ready to be consumed, so using and re-processing wastewater and accommodate rain water is one of many ways to overcome it. Practically in daily campus life, it has an economic advantage compared to the using PDAM water continuously. Electronics Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS) and Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya (SHIPS) have potential value in reusing of wastewater as a replacement for PDAM water. The potential is reviewed based on the results of water quality and water quantity analysis. Wastewater which used as a replacement for PDAM water with a simple treatment are air conditioning, rain water, and ablution wastewater. This potential analysis will be used as a reference in reducing the costs incurred to fulfill the clean water needs of the Campus.

This research begins with the formulation of the idea of study to reusing wastewater as the fulfillment of clean water needs in EEPIS campus and SHIPS. Aspects considered in this study consist of both technical and financial aspects. Technical aspects considered of wastewater quantity, waste water quality, technical planning of distribution, processing, storing, and operation and maintenance. Financial aspects include expenditures for clean water fulfillment, program implementation costs, construction investment costs, and operational and maintenance costs. The collected data is both technically and finance feasibility analyzed. Standard parameters used is mandatory requirements in Regulation of Minister of Health No. 492/2010.

From the results of the analysis, shows through the reusing of air conditioning, rain, and ablution wastewater on EEPIS can be savings up to 83% of the total water needs per year, which is about 36.015 m³ per year. While on SHIPS, can be fulfilled 100%, about 47.811 m³ able to become clean water supply. The cost of water supply of EEPIS in 2017 amounting to 355 million rupiah, savings of 270 million rupiah. While on SHIPS with 34,5 million rupiah on the expenditure of drinking water supply, can be entirely free. Meanwhile, the result of financial feasibility analysis on the application of the program in Postgraduate Building of EEPIS stated that the project is feasible to be implemented financially. The financial feasibility of the program is proven through NPV calculation showing the value of 53 million rupiah and BCR 1,371.

Keyword(s): Ablution Water, Condensed Water, Rainwater Harvesting, PENS, PPNS

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan hikmat dan berkat-Nya Tugas Akhir dengan judul "Potensi Penggunaan Kembali Air Buangan AC, Air Hujan, dan Air Bekas Wudhu di Lingkungan Kampus PENS dan PPNS" ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Dalam penyusunan laporan ini, penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng. sebagai dosen pembimbing tugas akhir, yang dengan sabar telah meluangkan waktu untuk membimbing saya hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan, serta bersedia memberikan saran apabila terdapat kesulitan dalam penyelesaiannya.
2. Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT, Dr. Ali Masduqi, S.T., MT, dan Alfian Purnomo, ST, MT sebagai dosen pengarah yang telah memberikan masukan dan perbaikan yang membangun dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Keluarga terutama orang tua yang selalu ikhlas mendoakan anaknya dalam setiap doa yang dipanjatkan.
4. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan untuk kesempurnaan penyusunan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, 24 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baku Mutu Air	5
2.2 Air Hujan	5
2.2.1 Area Penangkapan	7
2.2.2 Pengaliran	8
2.2.3 Pengolahan	8
2.2.4 Penyimpanan	8
2.3 Air Buangan AC	9
2.4 Air Bekas Wudhu	10
2.5 Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipa	11
2.6 Slow Sand Filter	12
2.7 Kelayakan Investasi	13
2.7.1 Analisis Finansial dan Ekonomi	14
2.7.2 Kriteria Kelayakan Investasi	14
BAB III GAMBARAN UMUM	17
3.1 Luas, Administrasi, dan Informasi Wilayah	17
3.2 Civitas Akademik Kampus	17
3.3 Rekening Air Minum Kampus	17
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	19
4.1 Umum	19
4.2 Kerangka Penelitian	19
4.3 Uraian Tahapan Pengerjaan	21
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	27
5.1 Kuantitas Air Hujan	27

5.1.1	Luas Atap Bangunan	27
5.1.2	Curah Hujan.....	29
5.1.3	Volume Potensial Air Hujan	29
5.2	Kuantitas Air Bekas Wudhu	31
5.2.1	Civitas Akademik	31
5.2.2	Analisis Kuesioner	32
5.2.3	Volume Wudhu per Orang	33
5.2.4	Volume Potensial Air Bekas Wudhu.....	34
5.3	Kuantitas Air Buangan AC	35
5.3.1	Inventaris AC	35
5.3.2	Analisis Kuesioner	37
5.3.3	Volume Potensial Air Buangan AC	40
5.4	Analisis Kualitas Air Buangan.....	41
5.4.1	Kualitas Air Hujan	42
5.4.2	Kualitas Air Bekas Wudhu	42
5.4.3	Kualitas Air Buangan AC	43
5.5	Analisis Potensi Pemanfaatan Air Buangan.....	44
5.5.1	Analisis Penghematan Secara Kebutuhan	45
5.5.2	Analisis Penghematan Secara Finansial	46
5.6	Perencanaan Pengelolaan	46
5.6.1	Lokasi Perencanaan	46
5.6.2	Sistem Penyaluran Air Hujan.....	47
5.6.3	Diagram Alir Pengolahan.....	48
5.6.4	Perencanaan Unit Pengolahan.....	48
5.6.5	Perencanaan Reservoir	54
5.6.7	Pompa.....	59
5.7	Perhitungan BOQ dan RAB	61
5.7.1	BOQ dan RAB Unit <i>Slow Sand Filter</i>	62
5.7.2	BOQ dan RAB Unit Reservoir	63
5.7.3	BOQ dan RAB Sistem Penyaluran Air.....	65
5.7.4	BOQ dan RAB <i>Operation and Maintenance</i>	65
5.7.5	Total Rancangan Anggaran Biaya.....	67
5.8	Analisis Kelayakan Finansial	67
5.8.1	Analisis <i>Net Present Value</i> (NPV)	69
5.8.2	Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	69
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	73
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	75

LAMPIRAN	79
BIOGRAFI PENULIS.....	137

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2 Sistem penyimpanan air hujan	9
Gambar 2.3 Desain Slow Sand Filter	12
Gambar 4.1 Diagram Kerangka Penelitian	20
Gambar 5.1 Luas Area Penangkapan pada Atap	27
Gambar 5.2 Peta Lokasi Rencana	47
Gambar 5.3 Diagram Alir Pengolahan.....	48
Gambar 5.4 Sketsa <i>Slow Sand Filter</i>	49
Gambar 5.5 Kurva Performa Pompa.....	60
Gambar 5.6 Pompa Grundfos Tipe CM15-3 A-S-G-E-AQQE	61
Gambar 5.7 Dimensi Pompa	61

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas air hujan	5
Tabel 2.2 Kualitas air hujan Kampus ITS	7
Tabel 2.3 Kualitas air AC pada kampus ITS	10
Tabel 2.4 Kualitas air bekas wudhu.....	10
Tabel 2.5 Beban maksimum yang diijinkan untuk talang atap (dalam m ² luas atap).....	11
Tabel 2.6 Persen removal slow sand filter	12
Tabel 2.7 Kriteria filter pasir lambat.....	13
Tabel 3.1 Pengeluaran Kampus PENS untuk Penyediaan Air....	17
Tabel 3.2 Pegeluaran Kampus PPNS untuk Penyediaan Air.....	18
Tabel 5.1 Luasan Atap Gedung PENS.....	28
Tabel 5.2 Luasan Atap Gedung PPNS.....	28
Tabel 5.3 Curah Hujan per Bulan pada Tahun 2011.....	29
Tabel 5.4 Volume Potensial Air Hujan Kampus PENS.....	30
Tabel 5.5 Volume Potensial Air Hujan Kampus PPNS.....	31
Tabel 5.6 Rata-Rata Wudhu per Orang per Satu Minggu	33
Tabel 5.7 Rata-Rata Volume Wudhu per Orang	33
Tabel 5.8 Kuantitas Air AC	35
Tabel 5.9 Inventaris AC Kampus PENS	36
Tabel 5.10 Inventaris AC Kampus PPNS	36
Tabel 5.11 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari) Kampus PENS	38
Tabel 5.12 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu) Kampus PENS.....	38
Tabel 5.13 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari) Kampus PPNS	39
Tabel 5.14 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu) Kampus PPNS.....	39
Tabel 5.15 Volume Potensial Air Buangan AC per Hari Kampus PENS	40
Tabel 5.16 Volume Potensial Air Buangan AC per Minggu Kampus PENS.....	41
Tabel 5.17 Volume Potensial Air Buangan AC per Hari Kampus PPNS	41
Tabel 5.18 Volume Potensial Air Buangan AC per Minggu Kampus PPNS.....	41

Tabel 5.19 Parameter Kualitas Air Hujan yang Tidak Memenuhi Baku Mutu.....	42
Tabel 5.20 Parameter Kualitas Air Bekas Wudhu yang Tidak Memenuhi Baku Mutu.....	43
Tabel 5.21 Parameter Kualitas Air Buangan AC yang Tidak Memenuhi Baku Mutu.....	43
Tabel 5.22 Akumulasi Kuantitas Air Buangan yang Berpotensi Digunakan Kembali.....	44
Tabel 5.23 Pengeluaran Kampus PENS untuk Penyediaan Air..	45
Tabel 5.24 Pengeluaran Kampus PPNS untuk Penyediaan Air..	45
Tabel 5.25 Distribusi Media Pasir.....	50
Tabel 5.26 Ground Reservoir Gedung Pascasarjana Kampus PENS.....	57
Table 5.27 BOQ dan RAB Unit <i>Pengolahan</i>	62
Tabel 5.28 BOQ dan RAB Unit Reservoir 1	63
Tabel 5.29 BOQ dan RAB Unit Reservoir 2	64
Tabel 5.30 BOQ dan RAB Sistem Penyaluran Air	65
Tabel 5.31 BOQ dan RAB Operation and Maintenance.....	65
Tabel 5.32 BOQ dan RAB <i>Operational</i> Pompa	66
Tabel 5.33 Total Rancangan Biaya Investasi Konstruksi.....	67
Tabel 5.34 Total Rancangan Biaya Operasi dan Perawatan dalam 1 Tahun.....	67
Tabel 5.35 Analisis Kelayakan Finansial Program	71

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Kuesioner	79
LAMPIRAN 2 Curah Hujan Keputih 10 Tahun Terakhir	81
LAMPIRAN 3 Perhitungan Volume Air Hujan.....	103
LAMPIRAN 4 Hasil Analisis Laboratorium Kualitas Air	119
LAMPIRAN 5 Jumlah Civitas Akademik yang Wudhu di Musholla An-Nahl	123
LAMPIRAN 6 Spesifikasi Pompa.....	125
LAMPIRAN 7 Compoun Interest Factor 7%	129
LAMPIRAN 8 Hasil Kuesioner Air Bekas Wudhu	131

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Samin (2011), hanya sekitar 3% air yang ada di bumi dapat dikonsumsi secara langsung. Sekitar 0,3% merupakan air permukaan tanah, 30,1% air di bawah tanah, dan 68,7% berupa glasier. Minimnya ketersediaan air ini seharusnya menjadi pemicu dalam penggunaan air bersih yang lebih efisien maupun mencari alternatif pemanfaatan air yang dapat digunakan kembali seperti air buangan kembali tanpa mengalami proses pengolahan lebih lanjut.

Kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) memiliki luas 6 Ha (Biro Umum Kampus PENS, 2018), sedangkan Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) memiliki luas 7 ha (Sub Bagian Administrasi Umum Kampus PPNS, 2018). Civitas akademik pada Kampus PENS dan PPNS relative stabil tiap tahunnya. Tercatat pada periode semester gasal tahun 2017 – 2018 Kampus PENS memiliki 3796 civitas akademik (Biro Administrasi Akademik Kemahasiswaan, 2018), sedangkan Kampus PPNS memiliki 3068 civitas akademik (Sub Bagian Administrasi Umum Kampus PPNS, 2018). Dengan jumlah civitas akademik yang ada kampus PENS mengeluarkan biaya sebesar 350 juta per tahunnya (Biro Umum Kampus PENS, 2018) dan PPNS mengeluarkan biaya sebesar 35 juta per tahunnya (Sub Bagian Administrasi Umum Kampus PPNS, 2018). Air buangan yang memiliki potensi untuk digunakan kembali sebagai pengganti air bersih pada kampus PENS dan PPNS yaitu air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC. Ketiga sumber air buangan tersebut termasuk berpotensi karena belum tercemar dan dapat digunakan.

Kualitas potensi air buangan yang akan digunakan kembali mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan no. 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Jika ditinjau berdasarkan proses terjadinya air buangan, air AC merupakan air murni yang hampir tidak tercemar oleh elemen-elemen yang mengendap dan berisi H₂O murni (Lestari, 2009). Pada potensi air hujan, wilayah kampus PENS dan PPNS memiliki curah hujan rata-rata 1.556 mm per tahunnya (Stasiun Meteorologi Maritim Perak, 2018). Dengan curah hujan dan luas yang dimiliki, kampus PENS

dan PPNS memiliki potensi pemanfaatan air hujan yang cukup untuk mengurangi biaya pengeluaran dalam penyediaan air bersih.

Tindakan pemanfaatan air buangan dilakukan melalui kolektivitas air hujan, air buangan ac, dan air wudhu. Faktor yang memengaruhi dalam pemanfaatan air buangan ini yaitu karakteristik air buangan, sehingga diperlukan analisis kualitas dan kuantitas air buangan pada kampus PENS dan PPNS terlebih dahulu. Pemanfaatan kembali air buangan dalam jumlah banyak dapat mengurangi biaya yang besar dalam penyediaan air bersih pada kampus PENS dan PPNS.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian kali ini adalah:

1. Bagaimana potensi kuantitas air buangan kampus PENS dan PPNS yang dapat digunakan kembali untuk penghematan biaya pengeluaran penyediaan air bersih?
2. Berapa penghematan biaya pengeluaran penyediaan air bersih kampus PENS dan PPNS melalui pemanfaatan air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC?
3. Bagaimana nilai kelayakan finansial dari pelaksanaan program?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensi kuantitas air buangan kampus PENS dan PPNS yang dapat digunakan kembali untuk penghematan biaya pengeluaran penyediaan air bersih.
2. Mengetahui penghematan biaya pengeluaran penyediaan air bersih kampus PENS dan PPNS melalui pemanfaatan air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC.
3. Menghasilkan nilai kelayakan finansial pelaksanaan program.

1.4 Ruang Lingkup

1. Wilayah studi yang akan direncanakan adalah kawasan kampus PENS dan PPNS.
2. Waktu penelitian dimulai dari bulan Desember 2017 hingga April 2018.

3. Aspek yang akan ditinjau dalam penelitian ini meliputi aspek teknis dan aspek finansial.
4. Studi kasus perencanaan kelayakan finansial program dilaksanakan di Gedung Pasca Sarjana Kampus PENS yang meliputi pengolahan, pompa, dan operasionalnya
5. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder.
6. Standar yang digunakan dalam analisa kualitas dan kuantitas air yang akan dimanfaatkan kembali adalah PERMENKES no. 492 tahun 2010.
7. Pemanfaatan penggunaan air buangan meliputi air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC.
8. Data curah hujan yang digunakan berdasarkan pada data hujan Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya.
9. Perhitungan kriteria kelayakan investasi meliputi *Net Present Value* (NPC) dan *Net Benefit per Cost Ratio* (B/C).

1.5 Manfaat

Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan memberi manfaat berupa:

1. Menjadi referensi kepada pihak kampus PENS dan PPNS dalam segi finansial dalam hal penyediaan air bersih.
2. Memanfaatkan air buangan yang ada untuk mengurangi biaya pengeluaran dalam hal penyediaan air bersih kampus PENS dan PPNS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baku Mutu Air

Air buangan yang akan digunakan dan diolah kembali harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Apabila air buangan dengan pengolahan sederhana dapat dikonsumsi, maka harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan pada PERMENKES No. 492 tahun 2010 tentang persyaratan air minum.

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sedangkan air untuk keperluan hygiene sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum.

Air dapat dikatakan aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati. Jumlah parameter wajib yang tercantum dalam PERMENKES no. 492 tahun 2010 terdiri dari 37 parameter yang termasuk parameter fisika, mikrobiologis, dan kimiawi.

2.2 Air Hujan

Pemanenan air hujan atau *rain harvesting* merupakan teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menyediakan air dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan air manusia dan/atau aktivitasnya. Pada tabel 2.1 terdapat analisis yang dilakukan oleh Anuar (2015) menunjukkan kualitas air hujan yang telah memenuhi baku mutu air minum yang ditetapkan ada PERMENKES No. 492 tahun 2010.

Tabel 2.1 Kualitas air hujan

Parameter	St 1	St 2	St 3	Baku Mutu
TDS (mg/l)	33	27	23	500
Kekeruhan (NTU)	0.27	0.36	0.13	5
Fe (mg/l)	0.004	0.02	0.007	0.3

Parameter	St 1	St 2	St 3	Baku Mutu
Kesadahan (mg/l)	20.52	15.29	12.88	250
Klorida (mg/l)	3.45	2.96	2.02	250
Mangan (mg/l)	0.02	0.01	0.02	0.4
pH	8.08	8.08	8.42	6.8 - 8.5
Sulfat (mg/l)	2.94	2.66	2.5	250
Tembaga (mg/l)	0.004	0.005	0.006	2
Amonia (mg/l)	1.139	0.8186	0.1938	1.5
KMnO ₄ (mg/l)	8.91	7.79	4.11	10
Pb (mg/l)	0.01	0.004	0.006	0.01
NO ₃ (mg/l)	39.89	0.376	16.878	50
NO ₂ (mg/l)	0.0079	0.0074	0.0102	3
Flourida (mg/l)	0.003	-	-	1.5
Arsen	-	-	-	0.01
Kadmium	-	-	-	0.003
Total Kromium	-	-	-	0.05
Sianida	-	-	-	0.07
Selenium	-	-	-	0.01
E-Coli	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0
Total Coliform	< 1.8	< 1.8	< 1.8	0

Sumber: Anuar *et. al*, 2015

Pada penelitian yang dilakukan oleh Quaresvita pada tahun 2016, dilakukan uji kualitas air hujan pada kampus ITS. Kualitas air tersebut digunakan untuk menganalisis jenis pengolahan yang akan digunakan. Kualitas air hujan dapat dilihat pada tabel 2.2. Berdasarkan perhitungan ekonomis penelitian pemanenan air hujan pada atap asrama kampus ITS tersebut, dibutuhkan waktu 1 – 7 tahun untuk mengembalikan modal investasi dan biaya maintenance. Apabila menimbang berdasarkan umur teknis yaitu 10 tahun, maka investasi program penelitian tersebut dapat dinyatakan layak secara ekonomis.

Tabel 2.2 Kualitas air hujan Kampus ITS

Parameter	Kualitas	Satuan	Baku Mutu
pH	6,75	-	6,5 – 9,0
TDS	336	mg/l	5
Kesadahan	35,71	mg/l	0.3

Sumber: Quaresvita, 2016

Berdasarkan sumber airnya, teknologi ini dibagi menjadi dua yaitu secara *in-situ* dan *ex-situ* (Dwivedi, 2013). Menurut UNEP (2001), terdapat dua sistem pemanenan air hujan yang dapat diterapkan, sistem atap (*roof system*) dan sistem permukaan tanah (*land catchment area*).

Rooftop Rain Water Harvesting (RRWH) merupakan sebuah teknik dimana air hujan yang berada pada atap sebuah bangunan ditangkap dan disimpan dalam suatu wadah penyimpanan. Penyimpanan dapat dilakukan dengan membangun waduk di dalam tanah, ataupun reservoir buatan (Dwivedi, 2013). Adapun kelebihan dari penggunaan RRWH ini, diantaranya:

1. Mengurangi biaya pemompaan air tanah
2. Menyediakan air dengan kualitas yang tergolong bagus dan memiliki kandungan mineral yang rendah
3. Mengurangi erosi tanah di daerah perkotaan
4. Pemanenan air hujan pada atap tergolong lebih murah
5. Teknologi sederhana dan dapat digunakan secara individu
6. Mudah dalam pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan
7. Efektif pada daerah yang berbukit
8. Pada daerah pesisir, air hujan yang tersedia memiliki kualitas yang baik, pada saat mengisi pada air tanah, mampu mengurangi nilai salinitas

Sistem pengumpulan air hujan dibagi menjadi beberapa komponen, seperti area penangkapan, pengaliran, pengolahan, penyimpanan, dan pemurnian.

2.2.1 Area Penangkapan

Luas area penangkapan air hujan sebaiknya dibangun kedap air dan tidak mengkontaminasi air hujan. Material atap yang

saat ini direkomendasikan untuk digunakan adalah *galvanized iron sheet*, plastik, atau genting. Efektivitas penangkapan air hujan diukur menggunakan *runoff coefficient*, yang didefinisikan sebagai air hujan yang turun mencapai permukaan dibandingkan dengan air hujan yang melewati luasan penangkap. Faktor yang mempengaruhi nilai koefisien ini meliputi evaporasi, kebocoran, tumpahan, dan jumlah air yang tertinggal di luasan penangkap. Rancangan atap yang standar saat ini menghasilkan nilai koefisien yang cukup (0,7 – 0,9) (Suprpto, 2015).

2.2.2 Pengaliran

Sistem pengaliran dari luasan penangkap menuju tangki penyimpanan melibatkan talang dan pipa air vertikal. Material yang sering direkomendasikan untuk pengaliran ini adalah *stainless steel*, *galvanized steel*, *fiberglass*, dan plastik. Bentuk talang yang diakui paling efisien untuk mengalirkan air adalah semi-lingkaran. Sebagai aturan ibu jari, untuk setiap 1 m² luasan penangkap dibutuhkan 1 cm² luasan penampang talang. Aturan ini dibutuhkan untuk mencegah berkurangnya air akibat tumpahan keluar talang, namun perlu juga mempertimbangkan nilai ekonomis dari pembangunan sistem penangkapan air hujan.

2.2.3 Pengolahan

Data air hujan sebelum dilakukan perlakuan telah memenuhi standar baku mutu air bersih dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tahun 1990 (Untari, 2015). Namun, untuk mendapatkan aspek keamanan dalam mewujudkan kualitas yang baik dilakukan pengolahan dengan menggunakan - filtrasi pasir. Ditinjau dari segi kecepatan penyaringannya, filtrasi pasir digolongkan menjadi saringan pasir lambat (*slow sand filter*) dan saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) (Al-layla, 1980). *Rapid sand filter* memiliki kelebihan dalam segi dimesi unit filtrasi yang tidak memerlukan lahan yang luas namun membutuhkan *backwash* dalam pengoperasiannya (Schultz, 1984).

2.2.4 Penyimpanan

Prinsip optimasi perancangan tangki penyimpanan berdasarkan pada kebutuhan air pada lingkungan tersebut. Tangki air hujan dapat dibedakan menjadi dua menurut letaknya, yaitu

tangka atas tanah dan tangki bawah tanah. Tangki atas tanah memiliki keunggulan mudah dalam perawatan dan lebih murah. Sedangkan tangki bawah tanah tidak memakan banyak tempat daripada tangki atas tanah, namun tangki bawah tanah cenderung lebih mahal dan lebih sukar dalam perawatannya.



a



b

Gambar 2.2 Sistem penyimpanan air hujan
gambar (a) tangki atas tanah dan (b) tangki bawah tanah

2.3 Air Buangan AC

AC menghasilkan air yang merupakan hasil kondensasi atau pengembunan udara dari lingkungan sekitar sehingga mengandung sedikit mineral dan memiliki suhu rendah. Karakteristik kemurnian dari AC tersebut dapat diketahui melalui pengukuran konduktivitasnya (Boulanger, 1997). Air tersebut dapat dikatakan air bebas mineral apabila batas maksimal 5 μS (Lestari, 2007). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rohmah (2015) kualitas dari air AC pada tabel 2.3 telah memenuhi baku mutu kualitas air minum. Sedangkan berdasarkan kuantitas air AC yang dapat dimanfaatkan sebagai air minum, maka didapatkan nilai penghematan 577 rupiah per liternya jika dibandingkan dengan menggunakan air minum dalam kemasan dengan merk Aqua. Sehingga keuntungan yang didapatkan berkisar 1 miliar rupiah per tahunnya (Rohmah, 2015).

Tabel 2.3 Kualitas air AC pada kampus ITS

Parameter	Baku mutu	Sampel					
		1	2	3	4	5	6
Warna (TCU)	15	14.5	12.33	12.5	13.5	12	14
Kekeruhan (NTU)	5	0.3	0.57	0.9	0.53	0.33	0.45
TDS (mg/l)	500	30.05	28.5	31.15	23.7	19.9	20.4
Total coliform (jumlah/100 ml)	0	0	0	0	2	0	0
pH	6,5 - 8,5	7.54	7.13	7.16	7.39	7.28	7.28
Kesadahan (mg CaCO ₃ /l)	500	6.07	8.42	5.12	8.13	8.13	5
Fe ²⁺ (mg/l)	0,3	0.2	0.13	0.18	0.15	0.16	0.17
Cl ⁻ (mg/l)	500	20.22	16.18	9.77	9.99	6.28	12.89
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	250	3.25	0	0	3.44	0.98	0.75
NH ₃ (mg/l)	1,5	17.26	17.23	12.24	10.81	16.55	7.21
KMnO ₄ (mg/l)	10	14.85	20.79	10.72	17.57	20.14	4.42
PB ²⁺ (mg/l)	0,01	0	0	0	0	0	0

2.4 Air Bekas Wudhu

Wudhu merupakan syarat sah yang dilakukan oleh umat Muslim beberapa kali sehari sebelum melakukan solat maupun untuk kegiatan lainnya. Berwudhu meliputi pembasuhan wajah, mulut, hidung, tangan, kepala, telinga, dan kaki (Zaeid, 2017). Pada tabel 2.2 terdapat analisis yang dilakukan oleh Al Mamun (2014) kualitas air bekas wudhu yang dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan PERMENKES no. 492 tahun 2010 dan PP no. 82 tahun 2001.

Tabel 2.4 Kualitas air bekas wudhu

Parameter	Analisa	Baku mutu	Peraturan Perundang-Undangan
TDS (mg/l)	24.7	500	Permenkes 492 tahun 2010
TSS (mg/l)	31	-	
Kekeruhan (NTU)	16.4	5	Permenkes 492 tahun 2010

Parameter	Analisa	Baku mutu	Peraturan Perundang-Undangan
COD (mg/l)	31.3	10	PP no 82 tahun 2001
Total Nitrogen (mg/l)	0.92	10	PP no 82 tahun 2001

Sumber: Al Mamun (2014)

2.5 Perencanaan Dimensi Talang dan Perpipa

Ukuran saluran pembuangan air hujan gedung dan setiap pipa cabang datarnya ditentukan berdasarkan SNI 03-7065-2005 yang tercantum ada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Beban maksimum yang diijinkan untuk talang atap (dalam m² luas atap)

Ukuran Pipa mm	Pipa Tegak Air Hujan	Pipa Datar Pembuangan Air Hujan			Talang Atap Datar Terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	½%	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250	1920	2710	3845	330	470	665	945	
300	3090	4365	6185					
350	5525	7800	11055					

CATATAN Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut diatas harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dibagi dengan kelebihan curah hujan dalam mm perjam.

Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (selinder), maka dapat berbentuk lainasalkan pipa tersebut dapat masuk kedalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atapyang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

Sumber: SNI 03-7065-2005

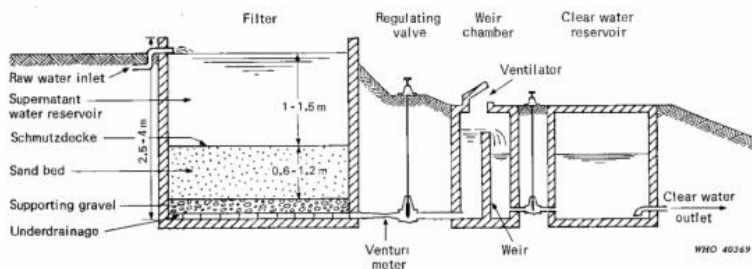
2.6 Slow Sand Filter

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Di samping mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Schultz, 1984). Berdasarkan kapasitas produksi air yang terolah, filter pasir dibedakan menjadi dua, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat.

Filter pasir lambat atau *slow sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan ukuran media pasir lebih kecil (*effective size* = 0,15 – 0,35 mm). Filter pasir lambat banyak digunakan untuk pengolahan air dengan kekeruhan air baku di bawah 50 NTU. Efisiensi filterpasir lambat tergantung pada distribusi ukuran partikel pasir, ratio luas permukaan filter terhadap kedalaman dan kecepatan filtrasi (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Tabel 2.6 Persen removal slow sand filter

Parameter	Unit	% Removal	Sumber
Kekeruhan	NTU	54%	Fadaei, 2015
Warna	Pt.Co	60%	Fadaei, 2015
Amoniak (NH ₃ .N)	mg/L	88%	Muhammad, 2003
Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	99%	Collins, 1992
Total Koliform	MPN/100 ml	92%	Fadaei, 2015
Suspended Solid	mg/L	50,56%	Fadaei, 2015



Gambar 2.3 Desain Slow Sand Filter
Sumber: Huisman, 1974

Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa millimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungsi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati lapisan ini, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa. Kriteria perencanaan filter lambat dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kriteria filter pasir lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kec. Filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir
Ukuran pasir	Effective size 0,25 – 0,3 mm, uniformity coefficient 2 - 3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

Sumber: Schultz dan Okun dalam Masduqi dan Assomadi, 2016

2.7 Kelayakan Investasi

Gittinger (2008) mendefinisikan investasi sebagai suatu kegiatan yang mengeluarkan uang / biaya-biaya dengan harapan akan memperoleh hasil dan yang secara logika merupakan wadah untuk melakukan kegiatan-kegiatan perencanaan, pembiayaan, dan pelaksanaan dalam suatu unit. Investasi dapat dilihat sebagai satu kesatuan ruang / tempat dan waktu, masing-masing dengan nilai ekonomi, finansial dan dampak sosial yang tergabung dalam satu kesatuan. Pemilihan investasi sebagian didasarkan kepada indikator-indikator nilai-nilai biaya dan hasil hasilnya. Kegiatan investasi dapat berbentuk investasi baru atau perluasan ataupun perbaikan dari investasi yang sudah ada. Suatu investasi dapat

dilaksanakan oleh instansi pemerintah, badan-badan swasta atau organisasi organisasi sosial maupun perorangan. Dalam menganalisis kelayakan suatu investasi, terdapat dua pendekatan yaitu analisis finansial dan analisis ekonomi. Analisis finansial meninjau dari sudut peserta investasi secara individu, sedangkan analisis ekonomi dari sudut masyarakat.

2.7.1 Analisis Finansial dan Ekonomi

Analisis finansial dilakukan untuk kepentingan individu atau Lembaga yang menanamkan modalnya dalam proyek tersebut, misalnya petani, wiraswastawan atau perusahaan (Pramudya dan Dewi, 1992). Untuk menilai kelayakan secara finansial suatu proyek atau membuat peringkat (rangking) beberapa proyek yang harus dipilih, dapat digunakan beberapa kriteria antara lain *Net Present Value* (NPV), *Net B/C*, dan *Internal Rate of Return* (IRR) (Dwi, 2011).

Analisis ekonomi merupakan analisis investasi yang dipandang dari sudut pandang ekonomi nasional bukan hanya dari sudut pandang perusahaan. Dengan analisis ekonomi diharapkan analisis investasi bisa menilai apakah suatu investasi memang tidak akan membebani perekonomian nasional. Mungkin saja suatu investasi dinilai menguntungkan apabila dipandang dari sisi perusahaan (yaitu diharapkan memberikan NPV positif), tetapi sebenarnya membebani perekonomian nasional. Analisis ekonomi dilakukan dengan alasan karena adanya ketidaksempurnaan pasar, adanya pajak dan subsidi, dan berlakunya konsep *consumers surplus* dan *producers surplus* (Husnan dan Suwarsono, 1994). Analisis ekonomi investasi membutuhkan pengetahuan mengenai apakah suatu investasi yang diusulkan akan memberikan kontribusi nyata dan besar terhadap pengembangan perekonomian seluruhnya dalam penggunaan sumberdaya yang dibutuhkan selama investasi tersebut berjalan. Sudut pandang yang diambil dalam analisis ekonomi ini adalah masyarakat secara keseluruhan (Gittinger, 2008).

2.7.2 Kriteria Kelayakan Investasi

Dalam analisa investasi ada beberapa kriteria yang sering digunakan untuk menentukan diterima-tidaknya suatu usulan investasi atau untuk menentukan pilihan antara berbagai macam

usulan proyek. Dalam semua kriteria itu baik manfaat maupun biaya dinyatakan dalam nilai sekarangnya. Kriteria tersebut adalah:

- 1) *Net Present Value* (NPV);
- 2) *Net B/C*;
- 3) *Internal Rate of Return* (IRR);
- 4) *Gross B/C*; dan
- 5) *Profitability Ratio*.

(Kadariah, 2001)

Kriteria kelayakan NPV, *Net B/C*, dan IRR lebih umum dipakai dan dapat dipertanggungjawabkan untuk penggunaan-penggunaan tertentu. Sebaliknya, kriteria kelayakan *Gross B/C* dan *Profitability Ratio* didasarkan atas salah pengertian tentang sifat dasar biaya, sehingga dapat menyebabkan kekeliruan dalam penyusunan urutan peluang investasi (Gray *et al*, 2007).

NPV merupakan selisih dari investasi sekarang dengan nilai penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Rumus perhitungan NPV adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} \quad 2.1$$

Dimana:

- Bt* = keuntungan pada tahun ke -t
Ct = biaya pada tahun ke -t
i = tingkat suku bunga (%)
t = periode investasi
n = umur teknis proyek

Net Benefit Cost Ratio (Net B/C) merupakan angka perbandingan antara jumlah present value yang bernilai negatif (modal investasi). Perhitungan net B/C dilakukan untuk melihat berapa kali lipat manfaat yang diperoleh dari biaya yang dikeluarkan.

$$Net\ B/C = \sum_{i=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t} \quad 2.2$$

Dimana:

- B* = *benefit*
C = *cost*

i = discount rate
 t = periode

(Grey *et al*, 2007)

BAB III

GAMBARAN UMUM

3.1 Luas, Administrasi, dan Informasi Wilayah

Kampus PENS dan PPNS terletak di Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya. Luas Kampus PENS sebesar ± 6 ha sedangkan luas Kampus PPNS sebesar ± 7 ha. Ketinggian permukaan tanah pada Kampus PENS dan PPNS berkisar antara 3–4 mdpl. Kondisi peta Kampus PENS dan PPNS dapat dilihat pada gambar 2.1.

Area penelitian lapangan ini meliputi area akademik Kampus dan badan administrasi instansi PENS dan PPNS.

3.2 Civitas Akademik Kampus

Civitas akademik kampus PENS dan PPNS terdiri dari mahasiswa, karyawan, dan tenaga pendidik. Berdasarkan data dari Biro Umum Kampus PENS, Biro Administrasi Akademik Kemahasiswaan Kampus PENS, dan Bagian Administrasi Umum dan Keuangan PPNS pada tahun 2018, mahasiswa kampus PENS terdiri dari program D3, D4, Garuda Maintenance Facility (GMF), D4 Lintas Jalur, S2, Polban, PLN, S2, dan Diploma Pendidikan Jarak Jauh dengan jumlah mahasiswa 3543 dengan tenaga pendidik dan karyawan sejumlah 253 orang. Sedangkan mahasiswa kampus PPNS terdiri dari program D3, D4, D4 Lintas Jalur, dan S2 dengan jumlah 2700 dan tenaga pendidik serta karyawan sejumlah 368 orang.

3.3 Rekening Air Minum Kampus

Berdasarkan Biro Umum Kampus PENS (2018), jumlah pengeluaran untuk penyediaan air minum kampus PENS pada bulan desmber 2017 sebesar 34,378,000 rupiah dengan pemakaian sebesar 4583 m³. Pada kampus PPNS sebesar 911,900 rupiah dengan pemakaian sebesar 124 m³. Data pemakaian air minum lebih detail pada tabel 3.1 dan 3.2

Tabel 3.1 Pengeluaran Kampus PENS untuk Penyediaan Air

Bulan	Rupiah	Volume (m³)
Januari 2017	34,935,500	4657
Pebruari 2017	20,745,500	2765

Bulan	Rupiah	Volume (m ³)
Maret 2017	21,000,500	2799
April 2017	25,965,500	3461
Mei 2017	28,590,500	3811
Juni 2017	31,815,500	4241
Juli 2017	24,458,000	3260
Agustus 2017	30,488,000	4064
September 2017	34,358,000	4580
Oktober 2017	35,370,500	4715
Nopember 2017	33,405,500	4453
Desember 2017	34,378,000	4583
Total	355,511,000	47388.76

Sumber: Biro Umum Kampus PENS, 2018

Tabel 3.2 Pegeluaran Kampus PPNS untuk Penyediaan Air

Bulan	Rupiah	Volume (m3)
Januari 2017	4,859,900	650
Pebruari 2017	3,997,400	535
Maret 2017	3,929,900	526
April 2017	4,147,400	555
Mei 2017	2,557,400	343
Juni 2017	2,257,400	303
Juli 2017	1,454,900	196
Agustus 2017	4,222,400	565
September 2017	1,874,900	252
Oktober 2017	1,792,400	241
Nopember 2017	2,474,900	332
Desember 2017	911,900	124
Total	34,480,800	4622

Sumber: Bagian Administrasi Umum dan Keuangan Kampus PPNS, 2018

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

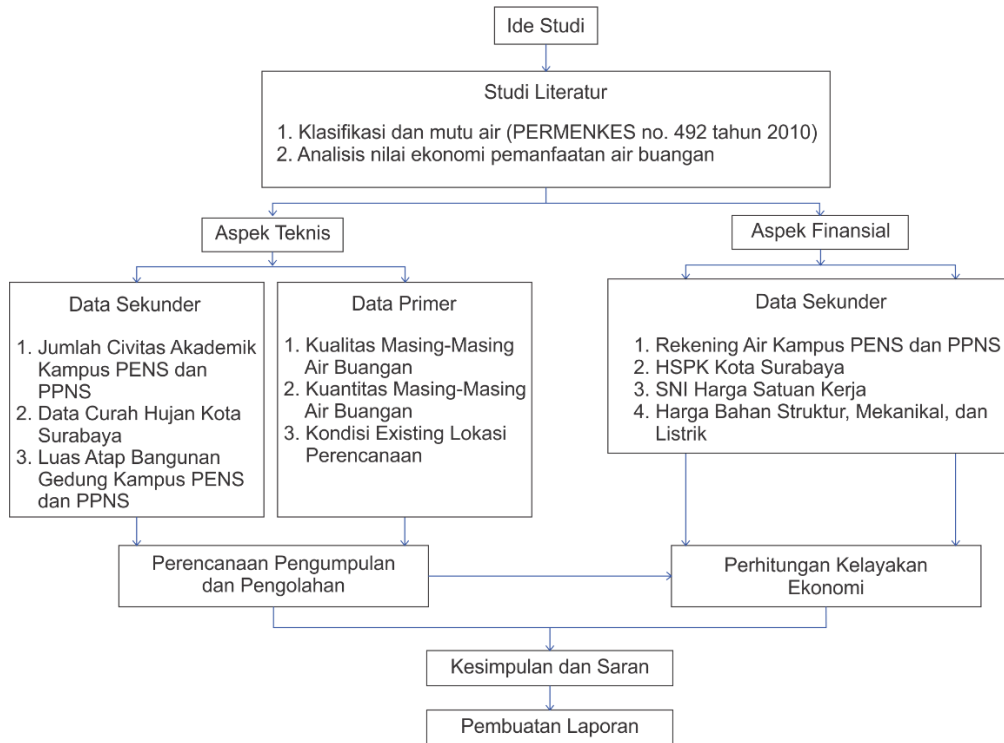
Secara garis besar, kajian lapangan ini bertujuan untuk mengetahui prakiraan besarnya air buangan yang berpotensi untuk digunakan kembali untuk kegiatan sehari-hari pada kampus PENS dan PPNS. Pada kajian ini air buangan yang dianalisis meliputi air buangan AC, air hujan, dan air buangan wudhu. Sebelum memperoleh kuantitas air buangan yang berpotensi untuk digunakan kembali, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap kualitas air buangan dengan uji klasifikasi dan mutu air sesuai dengan PERMENKES no. 492 tahun 2010. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai acuan apakah dari ketiga air buangan layak untuk digunakan kembali dengan diperlukan atau tidaknya pengolahan lanjutan.

Analisis selanjutnya adalah melakukan analisis kuantitas ketiga air buangan tersebut. Perhitungan kuantitas ketiganya memiliki metode yang berbeda. Untuk air buangan AC dilakukan perhitungan manual dengan mengambil beberapa sampel banyaknya air buangan yang terproduksi per satuan waktu. Untuk air hujan dilakukan perhitungan debit limpasan dengan data curah hujan dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak Kota Surabaya. Sedangkan untuk air wudhu dianalisis secara manual dengan mengambil sampel banyaknya air yang digunakan per orang per satu kali wudhu.

Dari hasil analisa tersebut selanjutnya dianalisa kelayakan finansial dari penggunaan kembali air buangan pada kampus PENS dan PPNS dengan atau tanpa adanya pengolahan lebih lanjut.

4.2 Kerangka Penelitian

Kerangka perancangan ini digunakan sebagai rencana tahapan perancangan dan membantu pelaksanaan menjadi sistematis. Kerangka perancangan disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Kerangka Penelitian

4.3 Uraian Tahapan Pengerjaan

Rangkaian kegiatan yang terdapat dalam kerangka kajian lapangan dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Ide studi

Ide dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu mengkaji potensi air buangan di kampus PENS dan PPNS dalam penggunaannya kembali untuk mengurangi biaya pengeluaran kampus PENS dan PPNS dalam hal penyediaan air bersih. Dengan sumber air baku berupa air buangan ac, air hujan, dan air buangan wudhu.

2) Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan dasar teori yang kuat yang berkaitan dengan kajian ini, sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan kegiatan. Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan yang menunjang kajian lapangan dari sumber-sumber yang ada. Sumber literatur meliputi *text book*, modul, jurnal/artikel ilmiah, laporan penelitian, tugas akhir, dan tesis terdahulu yang berhubungan dengan penelitian. Dalam kajian ini dilakukan studi literatur mengenai curah hujan, pengolahan air minum, *rain harvesting*, emisi gas rumah kaca pada air hujan, kampus PENS dan PPNS, dan manajemen serta ekonomi lingkungan.

3) Pengumpulan data

a. Data sekunder

Dalam kajian ini dilakukan pengumpulan data sekunder meliputi:

- Data jumlah civitas akademik kampus PENS dan PPNS, digunakan untuk memperoleh besarnya air buangan yang berpotensi.
- Biaya pengeluaran untuk penyediaan air minum, digunakan sebagai penentu nilai kelayakan program.
- Data curah hujan yang diperoleh dari BMKG Kota Surabaya, digunakan untuk mengetahui potensi air hujan yang dapat dimanfaatkan.
- Luas atap tiap gedung pada kampus PENS dan PPNS, digunakan untuk perhitungan volume air hujan.

- b. Data primer
Data primer yang diperlukan antara lain:
 - Kualitas air AC, air bekas wudhu, dan air hujan.
 - Produksi air buangan AC dengan satuan liter per satuan jam.
 - Volume bekas air wudhu dengan satuan liter per orang per satu kali wudhu.
 - Harga bahan struktur, mekanik, dan listrik untuk menganalisis kelayakan ekonomi.
- 4) Pengukuran kualitas air
Pengukuran kualitas air buangan didapatkan untuk menentukan unit pengolahan yang digunakan. Analisis kualitas air buangan dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS. Analisis kualitas air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC berdasarkan PERMENKES no. 492 tahun 2010 tentang persyaratan air minum dengan 26 parameter wajib.
- Pengukuran volume air buangan AC
Perhitungan volume air buangan AC ini digunakan untuk menentukan volume air buangan AC yang dapat digunakan kembali. Metode pengukuran yang dilakukan sebagai berikut:
 - Menghitung debit rata-rata produksi AC berdasarkan penelitian terdahulu dengan mempertimbangkan suhu, kelembapan, PK, kelembapan, dan titik embun.
 - Mencari data inventarisasi dan pemakaian AC dengan menggunakan kuesioner pada masing-masing departemen untuk mendapatkan waktu pemakaian dari AC tersebut. Waktu pemakaian tersebut termasuk dalam pemakaian AC pada hari libur yang disurvei berdasarkan kuesioner. Kuesioner tercantum pada lampiran 1.
 - Menghitung total volume air buangan AC yang terproduksi per harinya dengan akumulasi dari perhitungan sebagai berikut:

$$\sum vol = \bar{V} x n x t \quad (4.1)$$

\bar{Q}	= Debit rata-rata (liter/jam.AC)
n	= Jumlah AC
t	= Waktu pemakaian (jam/hari)

- Pengukuran volume air hujan
Volume yang dianalisis yaitu volume pemanenan air hujan yang terdapat pada atap bangunan. Data penunjang dalam pengukuran volume air hujan ini meliputi data curah hujan Kota Surabaya dan luas atap bangunan yang direncanakan. Perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan volume air hujan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = C \times I \times A \quad (4.2)$$

V	= Volume air hujan (m ³)
C	= Koefisien <i>Runoff</i> (0,7 – 0,9)
I	= Intensitas hujan (mm/jam)
A	= Luas area penangkapan (m ²)

- Pengukuran volume air wudhu
Perhitungan volume air bekas wudhu ini digunakan untuk menentukan volume air bekas wudhu yang dapat digunakan kembali. Metode pengukuran yang dilakukan sebagai berikut:
 - Menampung volume air bekas wudhu dengan menggunakan ember per orang sebagai sampel volume. Sampel yang digunakan terdiri dari volume air bekas wudhu 20 mahasiswa PENS dan 20 mahasiswa PPNS dengan satuan liter/orang.wudhu. Pengukuran debit volume dilakukan 40 sampel dengan mempertimbangkan fasilitas, kebiasaan, dan ketersediaan air untuk menentukan fluktuasi volumenya.
 - Menghitung volume air bekas wudhu rata-rata per orang per wudhu. Tujuan dari didapatkannya volume rata-rata untuk memudahkan dalam penentuan volume total air dari civitas akademika kampus PENS dan PPNS.
 - Mencari data civitas akademika kampus PENS dan PPNS.

- Menganalisa data jumlah total orang yang melakukan wudhu tiap harinya dengan menggunakan kuesioner sebanyak 100 buah yang dibagikan dengan kuantitas 40 kuesioner per fakultas. 100 buah kuesioner didapatkan melalui perhitungan *simple random sampling*.

$$n = \frac{N}{1 + N (d^2)} \quad (4.3)$$

n = Jumlah sampel minimal yang diperlukan
 N = Besar / jumlah populasi
 d = Presisi absolut / limit dari error (%)

- Menganalisa data kuesioner sehingga didapatkan data persentase civitas akademik yang melakukan wudhu di kampus PENS dan PPNS.
- Menghitung total volume air bekas wudhu yang terproduksi per harinya dengan akumulasi sebagai berikut:

$$\sum vol = \bar{V} \times R \times N \quad (4.4)$$

\bar{V} = Volume rata-rata (liter/wudhu.orang)
 N = Jumlah civitas akademik muslim (orang)
 R = Rasio rata-rata civitas akademik muslim per orang per minggu

Pada perancangan bangunan debit air wudhu dilakukan berdasarkan *counting* pada musholla PENS. *Counting* dilakukan selama satu minggu penuh. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan data debit yang lebih presisi.

5) Analisis data

Data primer dan sekunder yang terkumpul digunakan dalam perhitungan dan analisis data sebagai dasar dalam pengkajian.

- Air hujan yang dapat *direcovery* didapatkan melalui intensitas air hujan dengan mempertimbangkan pengaruh evaporasi pada wilayah kampus PENS dan

PPNS yang didapatkan melalui data BMKG Kota Surabaya.

- Data kualitas dan kuantitas air buangan AC, air hujan, dan air buangan wudhu digunakan untuk mendapatkan perancangan unit pengelolaan yang tepat.
- Total kuantitas debit air buangan AC, air hujan, dan air buangan wudhu dikelola dan dibandingkan total biaya yang dapat direduksi melalui program ini.

6) Perancangan penyaluran

Penyaluran yang direncanakan untuk pemanenan air hujan atap menggunakan talang air dari masing-masing atap bangunan dengan menggunakan SNI 03-7065-2005. Penyaluran tersebut menuju ke unit pengolahan/pengumpulan yang ada di bawah tanah. Penyaluran air AC direncanakan menggunakan selang yang akan terhubung ke unit pengolahan/pengumpulan bersamaan dengan air hujan. Rencana perancangan pengumpulan air hujan dan air ac adalah untuk gedung pascasarjana kampus PENS. Sedangkan, perancangan penyaluran air wudhu dilakukan pada musholla kampus PENS. Air wudhu dari saluran tersebut dialirkan menuju unit pengolahan sendiri yang berada di belakang musholla menggunakan pipa.

7) Perancangan pengolahan

Pengolahan yang akan dilakukan ditinjau dari kualitas air baku sehingga didapatkan unit yang tepat dan efisien dalam pelaksanaannya. Hasil pengolahan air hujan dan air buangan AC disesuaikan dengan baku mutu kualitas air minum, yaitu PERMENKES no. 492 tahun 2010. Sedangkan hasil pengolahan air bekas wudhu tidak dilakukan pengolahan. Perancangan unit pengolahan ini, diupayakan untuk tidak mengubah kondisi eksisting yang telah ada.

8) Perancangan pengumpulan

Perancangan air baku tersebut berdasarkan masing-masing kualitasnya. Pada gedung pascasarjana air ac dan air hujan dikumpulkan secara bersamaan. Sedangkan, untuk air wudhu dipisah. Hal tersebut dilakukan

berdasarkan lokasi, kualitas air, dan kemudahan dalam pengumpulan.

9) Pemanfaatan

Pemanfaatan dari air hujan dan air buangan AC untuk mengganti air PDAM yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan aktivitas civitas akademik kampus. Sedangkan pemanfaatan air bekas wudhu sebagai pengganti air PDAM yang digunakan untuk penyiraman tanaman.

10) Perhitungan kelayakan ekonomi

Kelayakan ekonomi digunakan dalam menganalisis dalam segi finansial pada pembangunan (BOQ dan RAB) maupun dalam operasi, pemeliharaan dan investasi unit pengelolaannya. BOQ dan RAB mengacu pada SNI harga satuan kerja dan harga satuan pokok kerja (HSPK) Kota Surabaya.

11) Kesimpulan dan saran

Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan. Kesimpulan yang diberikan merupakan jawaban dari rumusan masalah dan tujuan penelitian. Kesimpulan dalam kajian ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang nilai kelayakan ekonomi dari program ini sehingga dapat memberikan masukan kepada kampus PENS dan PPNS dalam rangka penghematan biaya penyediaan air bersih.

BAB V

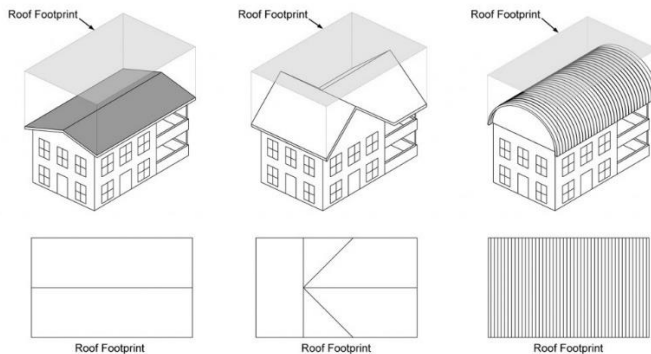
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam analisis penggunaan kembali air buangan AC, air hujan, dan air bekas wudhu mempertimbangkan aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Maka dalam pemanfaatannya sebagai air PDAM Kota Surabaya membutuhkan analisis awal untuk mengetahui potensi air yang tersedia. Analisis awal yang diperlukan yaitu analisis kualitas dan kuantitas air hujan, air buangan AC, dan air bekas wudhu.

5.1 Kuantitas Air Hujan

5.1.1 Luas Atap Bangunan

Tiap bangunan Kampus PENS dan PPNS memiliki luasan yang berbeda dengan jenis atap yang beragam. Jenis atap pada bangunan kampus PENS dan PPNS terdiri dari genteng tanah liat, genteng kaca, dan genteng beton cor. Bentuk dari atap bangunan pun terdiri dari atap datar, atap sandar, atap pelana, atap perisai, dan atap kombinasi. Namun, untuk perhitungan dalam penggunaannya sebagai area penangkapan luas yang digunakan yaitu luas horizontalnya sehingga slope pada atap tidak berpengaruh pada luas tangkapan pada atap. Luasan atap bangunan yang dimaksudkan tercantum pada gambar 5.1. Luasan atap setiap bangunan di Kampus PENS dan PPNS tercantum pada tabel 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 Luas Area Penangkapan pada Atap

Contoh perhitungan luasan atap adalah sebagai berikut:

- Bangunan Gedung B Kampus PENS

Atap tanah liat (Pelana)

$$\begin{aligned}\text{Panjang Atap} &= 32,8 \text{ m} \\ \text{Lebar Atap} &= 9,25 \text{ m} \\ \text{Luas Atap tanah liat} &= \text{panjang atap} \times \text{lebar atap} \\ &= 32,8 \text{ m} \times 9,25 \text{ m} \\ &= 303,4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Atap beton cor

$$\begin{aligned}\text{Luas Atap Beton Cor} &= 413 \text{ m}^2 \\ \text{Luas Atap Total} &= \text{luas atap beton cor} + \text{luas atap} \\ &\quad \text{tanah liat} \\ &= 413 \text{ m}^2 + 303,4 \text{ m}^2 \\ &= 716,3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tabel 5.1 Luasan Atap Gedung PENS

Gedung	Luas Sebenarnya (m ²)
D3	4524
D4	5144
A	2323
B	716
Pascasarjana	1653

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.2 Luasan Atap Gedung PPNS

Gedung	Luas Sebenarnya (m ²)
A	1280
B	1594
C	460
D	1462
F	1820
G	1820
H	1000
I	1200
J	1195
K	1780
L	1558
M	988
N	285

Gedung	Luas Sebenarnya (m2)
P	1674.5
T	1136

Sumber: Perhitungan

5.1.2 Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data stasiun penampung hujan di Keputih, Surabaya. Perhitungan curah hujan hanya berdasar pada satu stasiun penampung hujan saja, karena letak stasiun hujan dan Kampus PENS dan PPNS yang berdekatan, yaitu 2,2 km. Data curah hujan yang digunakan yaitu selama 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2008 hingga tahun 2017. Data 10 tahun terakhir tersebut digunakan sebagai pertimbangan perencanaan. Data yang digunakan yaitu data pada tahun 2011 karena memiliki rerata curah hujan terendah dalam 10 tahun terakhir. Pada tabel 5.3 tercantum curah hujan tahun 2011. Sedangkan curah hujan 10 tahun terakhir pada lampiran 2.

Tabel 5.3 Curah Hujan per Bulan pada Tahun 2011

Bulan	Curah Hujan (mm)	Bulan	Curah Hujan (mm)
Januari	175	Juli	0
Pebruari	228	Agustus	0
Maret	246	September	0
April	425	Oktober	23
Mei	166	Nopember	276
Juni	0	Desember	404

Sumber: Stasiun Meteorologi Maritim Perak, Surabaya

5.1.3 Volume Potensial Air Hujan

Perhitungan volume air hujan potensial ini dilakukan berdasarkan jatuhnya air di atap bangunan sebagai area tangkapan hujan. Volume tersebut didapatkan melalui rumus 4.2 dengan mempertimbangkan faktor luas atap bangunan, curah hujan, dan koefisien faktor penampang pada atap. Perhitungan volume potensial air hujan berdasarkan lampiran 3 sebagai berikut:

$$V = C \times I \times A$$

Keterangan:

V = Volume air hujan (m³/s)

C = Koefisien *Runoff* (0,8)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas area penangkapan (m²)

Menurut Suripin (2003), pada nilai koefisien *runoff* faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupan tanah dan intensitas hujan. Koefisien ini juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Laju infiltrasi turun pada hujan yang terus-menerus dan juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan air sebelumnya. Faktor lain yang juga mempengaruhi nilai C adalah derajat kepadatan, porositas dan simpanan depresi pada atap yang digunakan.

Contoh perhitungan:

Volume hujan gedung D4 pada 11 Nopember 2011

Luas Atap Bangunan = 5144 m²

Intensitas Hujan = 276 mm/bulan

Koefisien *Runoff* = 0,8

Volume hujan = $C \times I \times A$

$$= 0,8 \times 276 \frac{\text{mm}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times 5144 \text{ m}^2$$

$$= 3065,44 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan volume potensial air hujan secara ringkas tercantum pada tabel 5.4 untuk Kampus PENS dan tabel 5.5 untuk Kampus PPNS.

Tabel 5.4 Volume Potensial Air Hujan Kampus PENS

Bulan	Total Volume (m ³)	Akumulasi Total (m ³)
Januari	1943.67	1943.67
Pebruari	6919.46	8863.13
Maret	2732.24	11595.38
April	4720.34	16315.72
Mei	1843.71	18159.43

Bulan	Total Volume (m³)	Akumulasi Total (m³)
Juni	0.00	18159.43
Juli	0.00	18159.43
Agustus	0.00	18159.43
September	0.00	18159.43
Oktober	255.45	18414.88
Nopember	3065.44	21480.32
Desember	4487.10	25967.42

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.5 Volume Potensial Air Hujan Kampus PPNS

Bulan	Total Volume (m³)	Akumulasi Total (m³)
Januari	2695.35	2695.35
Pebruari	9638.58	12333.93
Maret	3807.78	16141.71
April	6578.49	22720.20
Mei	2556.73	25276.94
Juni	0.00	25276.94
Juli	0.00	25276.94
Agustus	0.00	25276.94
September	0.00	25276.94
Oktober	354.25	25631.18
Nopember	4272.15	29903.33
Desember	6253.44	36156.77

Sumber: Perhitungan

5.2 Kuantitas Air Bekas Wudhu

5.2.1 Civitas Akademik

Jumlah civitas akademik pada perhitungan kuantitas air bekas wudhu merupakan hal yang penting. Selain dari total civitas

akademik, perlu diketahui juga persentase dari civitas akademik yang beragama muslim. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari tingkat kesalahan yang semakin besar.

Pada Kampus PENS total civitas akademik (mahasiswa, dosen, dan karyawan) pada semester gasal tahun kepengurusan 207 – 2018 sejumlah 3796 orang. Sedangkan pada Kampus PPNS sejumlah 3068 orang. Sebesar 12% civitas akademik Kampus PENS merupakan non muslim. Sehingga mahasiswa PENS yang muslim sebanyak 3341 orang. Untuk data Kampus PPNS sendiri tidak tertera agama maupun persentase dari civitas akademik non muslim, sehingga persentasenya disamakan dengan civitas akademik kampus PENS. Sehingga total civitas akademik Kampus PPNS sejumlah 2700 orang.

5.2.2 Analisis Kuesioner

Penyebaran kuesioner intensitas wudhu di kampus berdasarkan dari total civitas akademik yang kemudian disesuaikan jumlah kuesioner yang diperlukan berdasarkan rumus Slovin 4.3. Perhitungan jumlah kuesioner yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N (d^2)}$$

- n = Jumlah sampel minimal yang diperlukan
- N = Besar / jumlah populasi
- d = Limit dari error (%)

Contoh perhitungan:

Civitas Akademik Kampus PENS

Jumlah Populasi = 3341 orang

Error limit = 10%

$$\begin{aligned} n &= \frac{N}{1 + N (d^2)} \\ &= \frac{3341}{1 + 3341 (0.1^2)} \\ &= 97 \text{ sampel} \end{aligned}$$

Civitas Akademik Kampus PPNS

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Populasi} &= 2700 \text{ orang} \\
 \text{Error limit} &= 10\% \\
 n &= \frac{N}{1 + N (d^2)} \\
 &= \frac{2700}{1 + 2700 (0.1^2)} \\
 &= 96.8 \text{ sampel} = 97 \text{ sampel}
 \end{aligned}$$

Dari total 194 sampel yang telah terkumpul didapatkan data rata-rata jumlah wudhu tiap orang perminggunya sebagai berikut:

Tabel 5.6 Rata-Rata Wudhu per Orang per Satu Minggu

Kampus	Wudhu/Orang.Minggu
PENS	13.27
PPNS	7.29

Sumber: Perhitungan

5.2.3 Volume Wudhu per Orang

Volume wudhu per orang didapatkan dengan menampung air wudhu yang telah digunakan oleh 1 orang. Total volume wudhu yang dihitung sebanyak 40 sample. Dilakukan sampling volume dengan lokasi di 2 musholla Kampus PENS dan 2 musholla Kampus PPNS. Masing-masing musholla menampung 10 sample air wudhu. Sehingga didapatkan data seperti yang tercantum pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rata-Rata Volume Wudhu per Orang

No.	PENS		PPNS	
	Musholla An-Nahl (liter)	Musholla D4 (liter)	Musholla Depan (liter)	Musholla Lap. Voli (liter)
1	3.2	2.8	4	3
2	3.4	2.6	2.4	2.6
3	2.2	4.6	3.6	3.1

PENS			PPNS	
No.	Musholla An-Nahl (liter)	Musholla D4 (liter)	Musholla Depan (liter)	Musholla Lap. Voli (liter)
4	2.5	2.2	2.2	2.4
5	3	4	4.8	3.6
6	3.3	4.2	3.2	5
7	4.1	2.8	3.6	2.6
8	5.2	4.1	2.8	4.3
9	2.6	5.6	2.4	4
10	2.6	3.3	2.4	2.8
Rata- rata	3.415		3.24	

5.2.4 Volume Potensial Air Bekas Wudhu

Perhitungan volume potensial air bekas wudhu dilakukan berdasarkan jumlah civitas akademik muslim, volume rata-rata wudhu per orang, dan rasio jumlah wudhu per orang per minggu. Volume tersebut didapatkan menggunakan rumus 4.4. Perhitungan volume potensial air bekas wudhu adalah sebagai berikut:

$$\sum vol = \bar{V} \times R \times N$$

\bar{V} = Volume rata-rata (liter/wudhu.orang)

N = Jumlah civitas akademik muslim (orang/)

R = Rasio rata-rata civitas akademik muslim per orang per minggu /minggu

Volume potensial air bekas wudhu Kampus PENS

Debit rata-rata = 3,415 liter/orang

Rasio civitas akademik muslim = 13,27

Jumlah civitas akademik muslim = 3341 orang

$$\begin{aligned}\sum vol &= \bar{V} \times R \times N \\ &= 3,415 \text{ liter/orang} \times 13,27/\text{minggu} \times 3341 \text{ orang}\end{aligned}$$

$$= 151.404,3 \text{ liter/minggu}$$

$$= 151,4 \text{ m}^3/\text{minggu}$$

Volume potensial air bekas wudhu Kampus PPNS

Debit rata-rata = 3,24 liter/orang

Rasio civitas akademik muslim = 7,29

Jumlah civitas akademik muslim = 2700 orang

$$\sum \text{vol} = \bar{V} \times R \times N$$

$$= 3,24 \text{ liter/orang} \times 7,29/\text{minggu} \times 2700 \text{ orang}$$

$$= 63.772,9 \text{ liter/minggu}$$

$$= 63,8 \text{ m}^3/\text{minggu}$$

5.3 Kuantitas Air Buangan AC

5.3.1 Inventaris AC

Banyaknya jumlah AC yang terinventarisasi digunakan sebagai acuan dalam perhitungan potensi air buangan ac sebagai pengganti air bersih. Data inventaris yang dianalisis terdiri dari beberapa macam kapasitas atau PK dari AC tersebut. Data inventaris AC yang didapatkan terdiri dari AC dengan PK 1; 1,5; 2; 4; 10; sampai dengan 25. Dari berbagai macam kapasitasnya, AC dengan PK 2 merupakan yang dominan dipakai, sehingga debit air buangan AC yang dipakai yaitu AC dengan kapasitas 2 PK. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rohmah, 2015 kuantitas Ac dengan kapasitas 2 PK tercantum dalam tabel 5.8. Dari hasil analisa tersebut dicari nilai rata-rata sehingga didapatkan debit air buangan AC.

Tabel 5.8 Kuantitas Air AC

Merk	PK	Debit (L/jam)
Daikin	2	2.6
LG	2	2.5
Panasonic	2	2.9
Rata-rata		2.67

Sumber: Rohmah, 2015

Pada Kampus PENS, AC yang beroperasi sebanyak 539 buah (Biro Umum Kampus PENS, 2018), sedangkan pada Kampus PPNS sebanyak 518 buah (Bagian Administrasi Umum

dan Keuangan, 2018). Data inventaris AC pada Kampus PENS dan PPNS secara ringkas tercantum dalam tabel 5.9 dan 5.10.

Tabel 5.9 Inventaris AC Kampus PENS

Gedung	Jumlah
D3, TC, Tek Kom, dan SPE	97
MMB	12
Ruang Kuliah D3	17
Tek Kom/IT	24
TC / PUT	57
D4	126
Pascasarjana	206
Total	539

Sumber: Biro Umum Kampus PENS, 2018

Tabel 5.10 Inventaris AC Kampus PPNS

Gedung	Jumlah
A	32
B	51
C	21
D	13
F	33
G	27
H	47
I	55
J	26
K	34
L	18
M	53
N	28
P	44
T	36

Gedung	Jumlah
Total	518

Sumber: Bagian Administrasi Umum dan Keuangan, 2018

5.3.2 Analisis Kuesioner

Data analisis kuesioner menjadi acuan dalam lamanya waktu pemakaian AC pada ruangan pada kampus. Pada kedua kampus telah disebar sebanyak 160 kuesioner dengan berbagai jenis ruang sebagai sampelnya. Jenis ruang diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu ruang dosen, ruang perkuliahan, sekretariat, dan laboratorium. Pengklasifikasian ruangan tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam perhitungan rata-rata keseluruhan pemakaian AC.

Dari data rata-rata masing-masing jenis ruang, selanjutnya dianalisis nilai rata-rata pemakaian keseluruhan. Jumlah *eksisting* dari masing-masing ruang dipertimbangkan sebagai nilai persentase dari keseluruhan ruang. Pada Kampus PENS jumlah ruangan *eksisting* yang dipertimbangkan hanya pada gedung D3 dan gedung D4. Hal tersebut dilakukan karena pada data gedung Pascasarjana yang didapatkan tidak terdapat secara spesifik jenis ruangnya. Jumlah ruang *eksisting* pada Kampus PPNS mengacu kepada Kampus PENS. Hal tersebut terjadi dikarenakan tidak didapatkannya data secara spesifik mengenai jenis ruang per gedungnya. Data rata-rata pemakaian keseluruhan akan digunakan ke dalam perhitungan volume air buangan AC yang terproduksi. Secara ringkas rata-rata pemakaian AC dapat dilihat pada tabel 5.11 – 5.14.

Tabel 5.11 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari) Kampus PENS

Jenis Ruang	Total (Gedung D3 dan D4)	Rata-Rata Pemakaian (jam/hari)	Total Pemakaian Keseluruhan (jam/hari)	Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari)
Dosen	21	6.35	133.35	8.16
Kelas	33	7.95	262.35	
Administrasi	33	7.74	255.32	
Laboratorium	86	8.85	761.10	
Total	173		1412.12	

Tabel 5.12 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu) Kampus PENS

Jenis Ruang	Total (Gedung D3 dan D4)	Rata-Rata Pemakaian (jam/minggu)	Total Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu)	Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu)
Dosen	21	31.75	666.75	41.31
Kelas	33	39.75	1311.75	
Administrasi	33	38.68	1276.58	
Laboratorium	86	45.25	3891.50	
Total	173		7146.58	

Tabel 5.13 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari) Kampus PPNS

Jenis Ruang	Total (Gedung D3 dan D4)	Rata-Rata Pemakaian (jam/hari)	Total Pemakaian Keseluruhan (jam/hari)	Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/hari)
Dosen	21	5.8	121.80	7.82
Kelas	33	8.18	269.82	
Administrasi	33	8.00	264.00	
Laboratorium	24	8.85	212.40	
Total	111		868.02	

Tabel 5.14 Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu) Kampus PPNS

Jenis Ruang	Total (Gedung D3 dan D4)	Rata-Rata Pemakaian (jam/minggu)	Total Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu)	Rata-Rata Pemakaian Keseluruhan (jam/minggu)
Dosen	21	29	609.00	39.10
Kelas	33	40.88	1349.12	
Administrasi	33	40.00	1320.00	
Laboratorium	24	44.25	1062.00	
Total	111		4340.12	

5.3.3 Volume Potensial Air Buangan AC

Air buangan AC didapatkan melalui proses mengembunnya udara di dalam ruangan karena adanya perbedaan suhu. Untuk mendapatkan volume potensial air tersebut dihitung melalui rumus 4.1 dengan mempertimbangkan lamanya waktu pemakaian dari AC, jumlah AC, dan volume air buangan AC yang terproduksi. Perhitungan volume potensial air buangan AC adalah sebagai berikut:

$$\sum vol = \bar{Q} \times n \times t$$

\bar{Q} = Volume air buangan AC rata-rata (liter/jam.AC)

n = Jumlah AC

t = Waktu rata-rata pemakaian keseluruhan (jam/hari)

Contoh perhitungan:

Volume air buangan AC per hari Kampus PENS

$$\begin{aligned}\sum vol &= \bar{Q} \times n \times t \\ &= 2,67 \text{ liter/jam} \times 539 \times 8,16 \text{ jam/hari} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ liter}} \\ &= 11,73 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Perhitungan volume potensial air buangan AC secara ringkas tercantum pada tabel 5.15 – 5.18 untuk Kampus PENS dan tabel 5. – 5. untuk Kampus PPNS.

Tabel 5.15 Volume Potensial Air Buangan AC per Hari Kampus PENS

Jumlah AC	Waktu Pemakaian Rata-rata (jam/hari)	Debit Rata-Rata (liter/jam)	Volume (liter)	Volume (m3)
539	8.16	2.67	11732.26	11.73

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.16 Volume Potensial Air Buangan AC per Minggu Kampus PENS

Jumlah AC	Waktu Pemakaian Rata-rata (jam/minggu)	Debit Rata-Rata (liter/jam)	Volume (liter)	Volume (m3)
539	41.31	2.67	59375.82	59.38

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.17 Volume Potensial Air Buangan AC per Hari Kampus PPNS

Jumlah AC	Waktu Pemakaian Rata-rata (jam/hari)	Debit Rata-Rata (liter/jam)	Volume (liter)	Volume (m3)
518	7.82	2.67	10802.07	10.80

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.18 Volume Potensial Air Buangan AC per Minggu Kampus PPNS

Jumlah AC	Waktu Pemakaian Rata-rata (jam/minggu)	Debit Rata-Rata (liter/jam)	Volume (liter)	Volume (m3)
518	39.10	2.67	54010.35	54.01

Sumber: Perhitungan

5.4 Analisis Kualitas Air Buangan

Analisis kualitas air buangan dilakukan untuk menentukan keperluan dilakukan pengolahan dan *treatment* yang cocok digunakan. Harapan dari pengolahan tersebut air buangan dapat memenuhi standar kualitas air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan no. 492 tahun. Analisis dilakukan di laboratorium Departemen Teknik Lingkungan, ITS mulai tanggal 26 Maret 2018.

Parameter dalam pengujian ini berdasarkan dengan parameter wajib dari PERMENKES no. 492 tahun 2010 sehingga kualitas air dapat disesuaikan dengan standar mutu kualitas air

minum. Hasil analisis kualitas air buangan tercantum dalam Lampiran 4.

5.4.1 Kualitas Air Hujan

Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap kualitas air hujan, terdapat 5 dari 37 parameter wajib persyaratan air minum pada Permenkes no. 492 tahun 2010 yang tidak memenuhi baku mutu. Parameter tersebut yaitu kekeruhan, warna, amoniak, zat organik, dan total koliform. Kualitas air tersebut dipengaruhi oleh kondisi dari talang air, hal ini dikarenakan pengambilan air hujan tidak dilakukan secara langsung, namun pada air hujan yang melewati talang air di Gedung Pascasarjana Kampus PENS. Secara ringkas parameter yang tidak memenuhi baku mutu tercantum dalam tabel 5.19.

Tabel 5.19 Parameter Kualitas Air Hujan yang Tidak Memenuhi Baku Mutu

No.	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum	Hasil Analisa
1	Kekeruhan	Skala NTU	5	7.09
2	Warna	Unit PtCo	15	40
3	Ammoniak	mg/L NH ₃ -N	1.5	7.53
4	Zat Organik	mg/L KMnO ₄	10	17.57
5	Total Koliform	MPN/100 ml	0	40

Sumber: Uji Laboratorium

Parameter kualitas air hujan yang tidak memenuhi baku mutu tersebut akan dilakukan pengolahan menggunakan filter sederhana karena hasil analisa yang mendekati persyaratan dari kualitas air minum.

5.4.2 Kualitas Air Bekas Wudhu

Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap kualitas air bekas wudhu, terdapat 6 dari 37 parameter wajib yang tidak memenuhi baku mutu persyaratan air minum pada Permenkes no. 492 tahun 2010. Parameter tersebut yaitu kekeruhan, zat organik, warna, amoniak, deterjen, dan total koliform. Kualitas air tersebut dipengaruhi oleh kondisi dari saluran buangan air dan juga budaya

individu saat melakukan pembasuhan. Hal ini dikarenakan pengambilan air bekas wudhu tidak dilakukan secara langsung, namun pada saluran keluar pada Musholla Kampus PENS. Secara ringkas parameter yang tidak memenuhi baku mutu tercantum dalam tabel 5.20.

Tabel 5.20 Parameter Kualitas Air Bekas Wudhu yang Tidak Memenuhi Baku Mutu

No.	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum	Hasil Analisa
1	Kekeruhan	Skala NTU	5	5.89
2	Zat Organik	mg/L KMnO_4	10	23.20
3	Warna	Unit PtCo	15	68.5
4	Ammoniak	mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$	1.5	43.81
5	Detergent	mg/L LAS	0.05	0.18
6	Total Koliform	MPN/100 ml	0	50000

Sumber: Uji Laboratorium

Kualitas air bekas wudhu tersebut memiliki parameter bakteriologi yang tinggi. Maka dari itu, peruntukkan dari air bekas wudhu yaitu sebagai air siram tanaman sehingga tidak memerlukan pengolahan lanjutan dalam pemanfaatannya.

5.4.3 Kualitas Air Buangan AC

Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap kualitas air buangan AC, terdapat 2 dari 37 parameter wajib persyaratan air minum pada Permenkes no. 492 tahun 2010 yang tidak memenuhi baku mutu. Parameter tersebut yaitu ammoniak dan total koliform. Secara ringkas parameter yang tidak memenuhi baku mutu tercantum dalam tabel 5.21.

Tabel 5.21 Parameter Kualitas Air Buangan AC yang Tidak Memenuhi Baku Mutu

No.	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum	Hasil Analisa
1	Ammoniak	mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$	1.5	5.81
2	Total Koliform	MPN/100 ml	0	500

Sumber: Uji Laboratorium

Parameter kualitas air hujan yang tidak memenuhi baku mutu tersebut akan dilakukan pengolahan menggunakan filter pasir lambat karena hasil analisa yang mendekati persyaratan dari kualitas air minum.

5.5 Analisis Potensi Pemanfaatan Air Buangan

Ditinjau dari kuantitas air yang dihasilkan, air hujan, air bekas wudhu, dan air buangan AC memiliki potensi sebagai pengganti air bersih PDAM untuk penghematan biaya pengeluaran penyediaan air bersih pada Kampus PENS dan PPNS. Berdasarkan kualitasnya, air hujan dan air buangan AC dapat diolah menggunakan filter sederhana. Hal tersebut lain halnya dengan air bekas wudhu, parameter total koliform menunjukkan nilai 50000 MPN/100 ml sampel. Berdasarkan (Kendarto, 2017), air dengan pH dan bakteri koli diperlukan pengolahan melalui penapisan, pemberian desinfektan, maupun filtrasi.

Untuk pengolahan air bekas wudhu perlu dilakukan desinfeksi dengan pertimbangan parameter bakteri total coliform yang sangat tinggi. Namun, dengan perlakuan desinfeksi membutuhkan tenaga ahli, biaya operasional yang tinggi dan mahal dalam perawatannya. Sehingga peruntukan dari hasil pengolahan air bekas wudhu diganti sebagai air siram tanaman.

Akumulasi air buangan pada Kampus PENS dan PPNS selanjutnya dibandingkan dengan kebutuhan air bersih per tahunnya berdasarkan rekening air. Pada tabel 5.22 tercantum kuantitas akumulasi air buangan per tahunnya. Sedangkan pada tabel 5.23 dan 5.24 tercantum pengeluaran biaya dan kebutuhan air bersih pada Kampus PENS dan PPNS.

Tabel 5.22 Akumulasi Kuantitas Air Buangan yang Berpotensi Digunakan Kembali

Air Buangan	PENS (m ³ /tahun)	PPNS (m ³ /tahun)
Air Hujan	25.967,42	36.156,77
Air Bekas Wudhu	7.267,2	3.062,4
Air Buangan AC	2.850,24	2.592,48
Total	36.084,86	47.811,65

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.23 Pengeluaran Kampus PENS untuk Penyediaan Air

Bulan	Rupiah	Volume (m ³)
Januari 2017	34,935,500	4657
Pebruari 2017	20,745,500	2765
Maret 2017	21,000,500	2799
April 2017	25,965,500	3461
Mei 2017	28,590,500	3811
Juni 2017	31,815,500	4241
Juli 2017	24,458,000	3260
Agustus 2017	30,488,000	4064
September 2017	34,358,000	4580
Oktober 2017	35,370,500	4715
Nopember 2017	33,405,500	4453
Desember 2017	34,378,000	4583
Total	355,511,000	47388.76

Tabel 5.24 Pengeluaran Kampus PPNS untuk Penyediaan Air

Bulan	Rupiah	Volume (m3)
Januari 2017	4,859,900	650
Pebruari 2017	3,997,400	535
Maret 2017	3,929,900	526
April 2017	4,147,400	555
Mei 2017	2,557,400	343
Juni 2017	2,257,400	303
Juli 2017	1,454,900	196
Agustus 2017	4,222,400	565
September 2017	1,874,900	252
Oktober 2017	1,792,400	241
Nopember 2017	2,474,900	332
Desember 2017	911,900	124
Total	34,480,800	4622

5.5.1 Analisis Penghematan Secara Kebutuhan

Secara kebutuhan air buangan yang digunakan kembali berpotensi untuk memenuhi kebutuhan dari Kampus PENS sebesar 76% sebagai pengganti air PDAM, sedangkan untuk Kampus PPNS dapat memenuhi kebutuhan air PDAM secara keseluruhan yaitu 100%. Maksud dari angka 76% dan 100%

didapatkan melalui analisis kuantitas air yang dapat digunakan kembali dengan acuan data pengeluaran untuk pembiayaan pengeluaran air PDAM. Nilai persentase tersebut terlepas dari penggunaan air permukaan ataupun air tanah oleh kedua kampus.

5.5.2 Analisis Penghematan Secara Finansial

Secara finansial, apabila air buangan digunakan kembali, Kampus PENS dapat menghemat sebesar 270 juta rupiah per tahunnya dalam pengeluaran air. Sedangkan pada kampus PPNS dapat terecovery secara keseluruhan biaya pengeluaran yaitu 34,5 juta rupiah pada penyediaan air bersih kampus terlepas dari penggunaan air permukaan ataupun air tanah oleh kedua kampus.

5.6 Perencanaan Pengelolaan

5.6.1 Lokasi Perencanaan

Studi kasus perencanaan penerapan program dilakukan di Gedung Pascasarjana dan Musholla An-Nahl Kampus PENS. Untuk pengolahan air hujan dan air buangan AC direncanakan di Gedung Pascasarjana dan air bekas wudhu pada Musholla An-Nahl. Proses perencanaan meliputi sistem penampungan, pengolahan, dan reservoir.

Pemilihan lokasi perencanaan ditetapkan pada daerah yang masih belum terbangun di dalam *master plan* Kampus PENS. Pemilihan lokasi ini juga didasarkan dalam kemudahan proses perencanaan, operasional, dan maintenance.

Lokasi unit pengolahan dan penampungan di letakkan di bawah tanah pada koordinat 7°16'35.64" LS 112°47'34.50" BT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.1. Rencana lokasi ini dipilih karena terletak tepat di antara gedung Pascasarjana dan Musholla An-Nahl. Pada lokasi ini akan direncanakan 1 unit *slow sand filter* dan 2 unit *reservoir*.



Gambar 5.2 Peta Lokasi Rencana

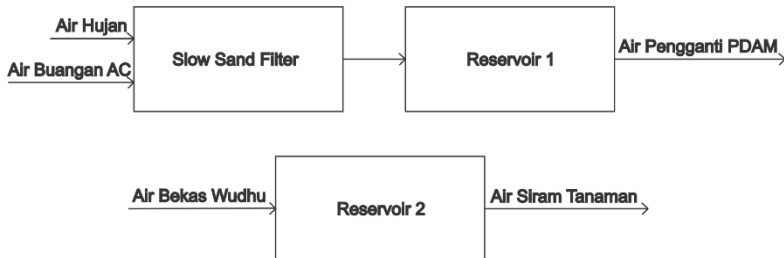
5.6.2 Sistem Penyaluran Air Hujan

Sistem penyaluran air hujan menggunakan sistem talang air. Talang air untuk penampungan air hujan adalah talang air eksisting pada gedung Pascasarjana Kampus PENS. Sedangkan pipa tegak berupa Pipa PVC dengan diameter 4". Talang tersebut tidak diperlukan desain ulang, dikarenakan kegiatan konstruksi talang air pada gedung Pascasarjana Kampus PENS masih dibawah 5 tahun terakhir, sehingga masih memenuhi umur ekonomis maupun umur teknis dari sistem talang air.

Selanjutnya air dari talang disalurkan melalui pipa tegak eksisting. Pada kondisi saat ini, penyaluran air hujan dari pipa tegak disalurkan secara langsung melalui drainase. Jalur pipa tegak perlu dilakukan pengubahan, sehingga air hujan dapat diolah terlebih dahulu kemudian ditampung di *ground reservoir* sebagai penyimpanan sementara. Selanjutnya air dipompa dari *ground reservoir* menuju *roof tank* eksisting.

5.6.3 Diagram Alir Pengolahan

Alur pengolahan air buangan yang direncanakan terdapat pada began alir di bawah ini:



Gambar 5.3 Diagram Alir Pengolahan

5.6.4 Perencanaan Unit Pengolahan

Perancangan unit pengolahan digunakan untuk mengolah air hujan dan air buangan AC. Sedangkan air bekas wudhu tidak dilakukan pengolahan dikarenakan peruntukkannya sebagai air siram tanaman. Selain karena kualitas air bekas wudhu yang lebih buruk dari air hujan dan air buangan AC, pemisahan pengolahannya bertujuan untuk memudahkan dalam segi pengumpulan.

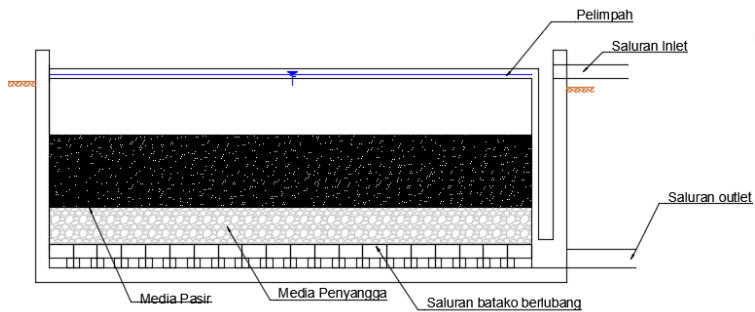
Debit air hujan rencana pada gedung pascasarjana yaitu $42,9 \text{ m}^3/\text{hari}$, debit air buangan AC yaitu $2,74 \text{ m}^3/\text{hari}$, debit air bekas wudhu yaitu $3,82 \text{ m}^3/\text{hari}$. Perhitungan air bekas wudhu pada Musholla An-Nahl dilakukan dengan counting jumlah orang yang wudhu selama 1 minggu, secara detail dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari hasil analisis kualitas air yang telah dilakukan maka unit yang akan digunakan yaitu unit filtrasi jenis *slow sand filter*. Pertimbangan dipilihnya jenis filter ini dikarenakan debit air yang akan diolah yang relatif kecil dan tidak memerlukan proses *backwash* dalam pengoperasiannya. Dengan tidak adanya proses *backwash*, maka tidak diperlukan tenaga ahli dalam pengoperasiannya.

Pengaplikasian unit *slow sand filter* secara kualitas dapat menurunkan nilai kekeruhan, warna, amoniak, zat organik, dan total koliform. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fadaei (2015), pengaplikasian unit ini mampu menurunkan nilai

kekeruhan sebesar 54%, warna 60%, dan total koliform 92%. Sedangkan konsentrasi amoniak dapat menurun 88% (Muhammad, 2003) dan zat organik (KMnO_4) dapat menurun hingga 99% (Collins, 1992).

Pada unit *slow sand filter* ini direncanakan menggunakan *single media* yaitu dengan media pasir silika. Pemilihan media tersebut didasarkan pada kemudahan dalam mencari bahan medianya. Sketsa unit filter dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.4 Sketsa *Slow Sand Filter*

5.6.3.1 Perencanaan Unit *Slow Sand Filter*

Direncanakan *Slow Sand Filter*:

- Debit = $42,9 + 2.74 \text{ m}^3/\text{hari} = 45,64 \text{ m}^3/\text{hari}$
= 0,53 liter/s
- V penyaringan = $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{jam}$
- Viskositas Kinematis = $0,8039 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (30°C)
- Media Pasir Silica:
 - Tebal = 60 cm
 - Ukuran butir = 0,5 – 2mm
 - Ukuran Media ES = 0,25 – 0,1 mm; UC = 2 – 3
 - Specific gravity (Sg) = $2,65 \text{ kg}/\text{dm}^3$

Perhitungan *Slow Sand Filter*

Berikut ini perhitungan dimensi unit filter:

- Debit (Q) = 0,53 liter/s = $0,00053 \text{ m}^3/\text{detik}$
- v penyaringan = $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{jam} = 0,00006 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{detik}$

- $Q = V \cdot A ; A = Q/V$
- $A = \frac{0,00053}{0,00006}$
- $A = 8,87 \text{ m}^2$
- Jumlah bak filter (n) $= \frac{1}{2} A^{\frac{1}{3}}$
 $= \frac{1}{2} 8,87^{\frac{1}{3}}$
 $= 1 \text{ unit}$

Ukuran unit:

- $A \text{ per bak} = \frac{Q \text{ bak}}{v} = \frac{0,53 \text{ L/dtk} / 1 \text{ unit}}{0,06 \text{ L/dtk.m}^2} = 8,83 \text{ m}^2$

Direncanakan:

Lebar = 3 meter

Panjang = 3 meter

Debit tiap bak:

$$Q = \frac{Q \text{ total}}{\text{jumlah unit}} = \frac{0,53 \text{ L/dtk}}{1} = 0,52 \text{ L/detik}$$

Perencanaan Media Pasir Silika

Perhitungan Kehilangan Tekanan Media Pasir Silika

Untuk perhitungan kehilangan tekanan media pasir silika dengan perencanaan yaitu :

- Ukuran butir $d = 0,5 - 2 \text{ mm}$
- Tebal media pasir = 40 cm
- Porositas media (ε) = 37% = 0.37

Distribusi media pasir silika yang digunakan tercantum pada tabel 5.25.

Tabel 5.25 Distribusi Media Pasir

US Sieve Number	Diameter rata-rata (cm)	Fraksi Berat	Nre	Cd	Cd Xi/di
		Xi (%)	($\phi.D.Vs/v$)		
70 – 50	0.02	27.00	0.72	33.44	451.44

US Sieve Number	Diameter rata-rata (cm)	Fraksi Berat	Nre	Cd	Cd Xi/di
		Xi (%)	($\phi \cdot D \cdot V_s / v$)		
50 – 35	0.04	40.00	1.11	24.86	248.6
35 – 20	0.06	15.00	1.86	15.43	38.6
20 – 10	0.03	8.00	0.72	33.29	88.7
Σ					827.39/cm

Kehilangan tekanan di media pasir yaitu:

$$hf = \frac{1,067 \cdot V_s^2 \cdot L}{g \phi \varepsilon^4} \sum_{i=1}^i Cd \frac{Xi}{Di}$$

hf	=	kehilangan tekanan (cm)
L	=	tebal media (cm)
Vs	=	Superficial velocity (cm/det)
ε	=	porositas media
g	=	kecepatan gravitasi (cm/det ²)
ϕ	=	shape factor (faktor bentuk)
Xi	=	fraksi berat
Di	=	diameter geometri media
Nre	=	$\frac{\phi \cdot V_s}{v}$

$$Cd = \frac{24}{NRe}, \text{ jika } NRe < 1 \text{ atau } \boxed{\frac{24}{NRe} + \frac{3}{\sqrt{NRe}} + 0,34}, \text{ jika } Nre > 1 \text{ dan } Nre < 10^4$$

$$hf = \frac{1,067 \cdot (0.03 \text{ cm/det})^2 \cdot 40 \text{ cm}}{9,8 \text{ cm/det}^2 \cdot 0,7 \cdot (0,37)^4} (827.39/\text{cm})$$

$$hf = 2,12 \text{ cm}$$

Media Penyangga

Tebal media	: 20 cm
Porositas (ε)	: 0,53

Faktor bentuk (ϕ)	: 0,8
Spesific gravity	: 2,65 kg/m ³
Diameter	: 0,04 cm
Fraksi berat (x)	: 100%

Kehilangan tekan pada media penyangga:

$$N_{re} = \frac{0,75 \times 0,0004 \text{ m} \times 0,0003 \text{ m/s}}{0,8975 \times 10^{-6} \text{ m/s}}$$

$$= 0,1$$

$$Cd = \frac{24}{0,1} = 240$$

$$Cd \cdot X/d = 240 \times 100\% / 0,4 \text{ cm} = 600/\text{cm}$$

$$h_f = \frac{1,067 \cdot (0,03 \text{ cm/det})^2 \cdot 20 \text{ cm}}{9,8 \text{ cm/det}^2 \cdot 0,8 \cdot (0,53)^4} (600/\text{cm})$$

$$h_f = 0,76 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{headloss filter total} &= 2,12 + 0,76 \\ &= 2,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimensi unit filtrasi

Panjang	= 3 m
Lebar	= 3 m
h muka air rencana	= 0,4 m
h media pasir	= 0,4 m
h freeboard	= 0,4 m
h penyangga	= 0,2 m
h underdrain	= 0,2 m
H total	= 1,6 m

Perencanaan Underdrain

Underdrain yang digunakan pada unit Slow Sand Filter ini menggunakan batako berlubang. Tujuan pemasangan batako ini adalah sebagai pengganti pipa manifold pada sistem underdrain unit filtrasi pada umumnya, namun karena debit yang didapat dalam perencanaan kecil, berpengaruh juga ke ukuran diameter pipa manifold yang kecil pula.

Weir Chamber

Air yang telah melalui media pasir pada filter disalurkan menuju *weir chamber* dengan menggunakan pipa PVC. Tujuan dari adanya *weir chamber* untuk mengatur sistem aliran gravitasi dari air agar tetap terjaga. Selama berlangsungnya proses pada filter, akan terjadi *headloss* pada media filter maupun media penyangganya, sehingga *head* pada air perlu dipertahankan dengan menggunakan hingga level air mencapai ketinggian maksimum dan mulai mengalir ke *overflow* dari *weir chamber*.

Saluran Pembawa:

Kecepatan aliran = 0,3 m/detik

Panjang = 0,5 meter

Debit = 0,53 liter/detik = 0,00053 m³/detik

A pipa = Q / v
= 0,00053 m³/detik / 0,3 m/detik
= 0,0017 m²

Diameter pipa = $\sqrt{\frac{4 \times 0,0017}{3,14}}$
= 0.05 meter

Digunakan pipa di pasaran dengan diameter 2 inch, sehingga headlossnya sebagai berikut:

Hf = $\frac{0,5 \text{ m}}{(0,00155 \times 120 \times 5^{2,63})^{1,85}}$ 0,53 Liter/detik
= 0.0023 meter
= 0.2 cm

Dimensi *weir chamber*:

Panjang = 0,5 meter

Lebar = 3 meter

Tinggi = (Tinggi muka air filter + tinggi media + tinggi penyangga + tinggi underdrain) – (Headloss filter + headloss pipa pembawa) + freeboard
= (0,4 + 0,4 + 0,2 + 0,2) – (0,028 + 0,002) + 0,4 m
= 1,571 m

Outlet

Kecepatan aliran = 0,3 m/detik

Panjang = 0,5 meter

Debit = 0,53 liter/detik = 0,00053 m³/detik

A pipa = Q / v

= 0,00053 m³/detik / 0,3 m/detik

= 0,0017 m²

Diameter pipa = $\sqrt{\frac{4 \times 0,0017}{3,14}}$

= 0.05 meter

Digunakan pipa di pasaran dengan diameter 2 inch.

5.6.5 Perencanaan Reservoir

Tipe *reservoir* yang digunakan adalah tipe *ground reservoir*. Dimensi *reservoir* dipengaruhi oleh *supply* air hujan dan kebutuhan air. Penentuan dimensi reservoir yang dibutuhkan dihitung berdasarkan akumulasi supply hujan dan kebutuhan air bersih di Gedung Pascasarjana Kampus PENS selama satu bulan. Bulan yang dipilih dalam perencanaan ini adalah Mei 2016 karena selama 10 tahun terakhir terjadi hujan tertinggi.

GROUND RESERVOIR 1

Perhitungan kebutuhan air bersih Gedung Pascasarjana Kampus PENS

Berdasarkan dari biaya rekening air per tahun 2017 pada Kampus PENS, didapatkan kebutuhan airnya adalah 47.388 m³. Dari total civitas akademik Kampus PENS sebanyak 3796 orang, maka didapatkan kebutuhan air bersih per orang per hari.

Kebutuhan per orang per hari = 47.388 m³/tahun / 3796 orang
= 12,5 m³/orang.tahun
= 34,67 liter/orang.hari

Civitas Akademik Gedung Pascasarjana Kampus PENS

Diasumsikan civitas akademik yang menggunakan air di Kampus PENS sebanyak 10% dari totalnya. Nilai 10% didapatkan berdasarkan persentase pembagian jumlah gedung di Kampus

PENS. Sehingga didapatkan jumlah civitas akademik yang menggunakan air di Gedung Pascasarjana sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X &= 20\% \text{ dari Total Civitas Akademik} \\ &= 10\% \times 3796 \\ &= 380 \text{ orang} \end{aligned}$$

Perhitungan volume ground reservoir Gedung Pascasarjana Kampus PENS tercantum pada tabel 5.26.

$$\begin{aligned} \text{Volume penampungan} &= (\text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}) \times \text{faktor keamanan} \\ &= (62,974 - (-229,110)) \times 120\% \\ &= 350,5 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= 11,7 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi Ground Reservoir 1

$$\begin{aligned} \text{Tinggi} &= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 3 \text{ m} \\ \text{Freeboard} &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

GROUND RESERVOIR 2

Berdasarkan dari peruntukannya, ground reservoir digunakan untuk menampung air bekas wudhu yang dimanfaatkan sebagai air siram tanaman. Pada kampus PENS penyiraman tanaman dilakukan sebanyak 2 kali sehari, yaitu pada pagi hari dan sore hari. Waktu bersih penyiraman yang dilakukan oleh pegawai diestimasikan selama 1 jam penyiraman. Debit yang keluar dari selang diasumsikan 1,5 liter per detik.

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Penyiraman Tanaman

$$\begin{aligned} L &= 1,5 \text{ L/detik} \\ \text{Waktu penyiraman} &= 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik} \\ \text{Jumlah penyiraman} &= 2 \text{ kali per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume kebutuhan} &= 2 \times 1,5 \text{ L/detik} \times 3600 \text{ detik} \\ &= 10800 \text{ Liter/hari} \\ &= 10,8 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dari supply air bekas wudhu sebesar $3,82 \text{ m}^3/\text{hari}$, maka air bekas wudhu tiap harinya akan habis untuk penyiraman tanaman pada kampus PENS yang membutuhkan air sebesar $10,8 \text{ m}^3/\text{hari}$. Berdasarkan hal tersebut perhitungan volume reservoir didapatkan melalui supply air bekas air wudhu dibagi 2 kali waktu penyiraman.

Perhitungan Volume Reservoir

Volume supply air bekas wudhu = $3,82 \text{ m}^3$

Jumlah penyiraman = 2 kali

Volume Reservoir = $3,82 \text{ m}^3 / 2$
= $1,91 \text{ m}^3 = 2 \text{ m}^3$

Dimensi Ground Reservoir 2

Tinggi = 2 m

Lebar = 1 m

Panjang = 1 m

Freeboard = 0,3 m

Tabel 5.26 Ground Reservoir Gedung Pascasarjana Kampus PENS

tanggal	curah hujan (mm)	curah hujan (m)	luas atap (m)	inflow	Akumulasi inflow (m3)	outflow	akumulasi outflow (m3)	in-out
1	0	0.000	1653.00	0.00	0.00	13.17	13.17	-13.17
2	4	0.004	1653.00	5.29	5.29	13.17	26.35	-21.06
3	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	39.52	-34.23
4	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	52.70	-47.41
5	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	65.87	-60.58
6	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	79.05	-73.76
7	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	92.22	-86.93
8	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	105.40	-100.11
9	0	0.000	1653.00	0.00	5.29	13.17	118.57	-113.28
10	3.5	0.004	1653.00	4.63	9.92	13.17	131.75	-121.83
11	0	0.000	1653.00	0.00	9.92	13.17	144.92	-135.00
12	2	0.002	1653.00	2.64	12.56	13.17	158.10	-145.53
13	0	0.000	1653.00	0.00	12.56	13.17	171.27	-158.71
14	0	0.000	1653.00	0.00	12.56	13.17	184.44	-171.88
15	0	0.000	1653.00	0.00	12.56	13.17	197.62	-185.06
16	0	0.000	1653.00	0.00	12.56	13.17	210.79	-198.23

tanggal	curah hujan (mm)	curah hujan (m)	luas atap (m)	inflow	Akumulasi inflow (m3)	outflow	akumulasi outflow (m3)	in-out
17	15	0.015	1653.00	19.84	32.40	13.17	223.97	-191.57
18	0	0.000	1653.00	0.00	32.40	13.17	237.14	-204.74
19	1.5	0.002	1653.00	1.98	34.38	13.17	250.32	-215.94
20	0	0.000	1653.00	0.00	34.38	13.17	263.49	-229.11
21	37.5	0.038	1653.00	49.59	83.97	13.17	276.67	-192.69
22	67	0.067	1653.00	88.60	172.57	13.17	289.84	-117.27
23	3	0.003	1653.00	3.967	176.540	13.17	303.0	-126.48
24	45.5	0.046	1653.00	60.169	236.710	13.17	316.2	-79.48
25	0	0.000	1653.00	0.000	236.710	13.17	329.4	-92.66
26	0	0.000	1653.00	0.000	236.710	13.17	342.5	-105.83
27	3.5	0.004	1653.00	4.628	241.338	13.17	355.7	-114.38
28	0	0.000	1653.00	0.000	241.338	13.17	368.9	-127.55
29	0	0.000	1653.00	0.000	241.338	13.17	382.1	-140.73
30	164	0.164	1653.00	216.874	458.212	13.17	395.2	62.97
31	0	0.000	1653.00	0.000	458.212	13.17	408.4	49.80
MAKSIMUM								62.974
MINIMUM								-229.110

Sumber: Perhitungan

5.6.7 Pompa

Pompa direncanakan untuk mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju *roof tank* untuk selanjutnya digunakan kembali. Lokasi *roof tank* terletak pada *rooftop* gedung Pascasarjana Kampus PENS.

Diketahui:

Volume Roof Tank = 16 m³

Tinggi *rooftank* dari lantai teratas = 4 m

Volume *Ground Reservoir* = 12 m³

Waktu pemompaan = 30 menit = 1800 detik

Kecepatan (v) asumsi = 2 m/detik

$$\begin{aligned}\text{Debit pengaliran (Q)} &= \frac{12 \text{ m}^3}{1800 \text{ detik}} \\ &= 0,0067 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Dimensi pipa air bersih dari ground reservoir ke rooftank

$$\begin{aligned}D &= \left[\frac{4xQ}{\pi xV} \right]^{1/2} \\ D &= \left[\frac{4x0,0067}{\pi x2} \right]^{1/2} = 0,0651 \text{ m}\end{aligned}$$

Diameter pipa jenis PVC yang tersedia di pasaran adalah 2,5" atau 76 mm.

$$0,076 = \left[\frac{4x0,0067}{\pi xV} \right]^{1/2}$$

$$V \text{ cek} = 1,47 \text{ m/detik}$$

Head Pompa = H_{statis} + H_{sistem} + sisa tekan (2 meter)

Head statis = (3,5 meter x 10 lantai) + 4 meter

= 39 meter

Head sistem = Mayor losses + Minor losses

Mayor losses (H_f) Discharge

$$L \text{ Discharge} = 2,1 + 39 + 2,3 = 43,4 \text{ meter}$$

$$H_f = \frac{L}{(0,00155 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \times Q^{1,85}$$

$$= \frac{43,4}{(0,00155 \times 7,6 \times 120)^{1,85}} \times 6,7^{1,85}$$

= 1,7 meter

Minor losses (H_m), meliputi:

Head akibat 2 belokan 90° ($K = 0,3$)

$$H_f = 2 \left[\frac{K \times v^2}{2 \times g} \right] = 2 \left[\frac{0,3 \times 1,47^2}{2 \times 9,81} \right] = 0,066 \text{ m}$$

Head akibat 1 *check valve* ($K = 2$)

$$H_m = \left[\frac{K \times v^2}{2 \times g} \right] = \left[\frac{2 \times 1,47^2}{2 \times 9,81} \right] = 0,22 \text{ m}$$

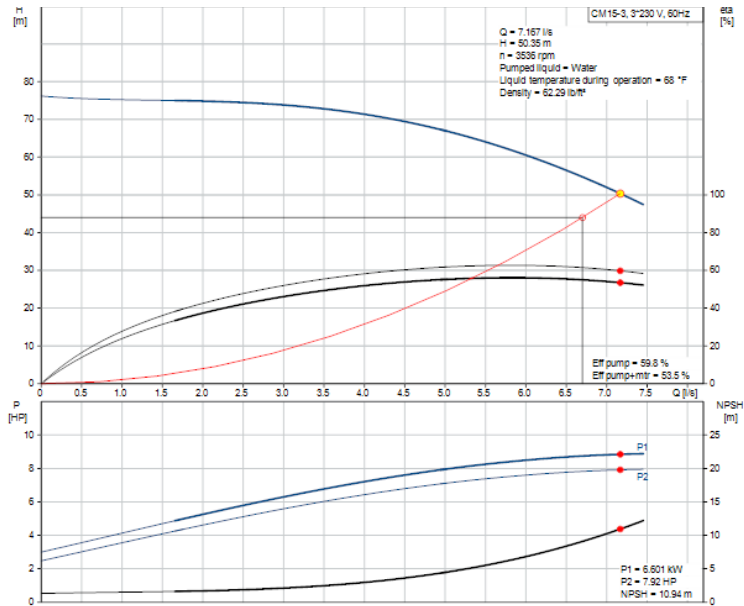
Jadi, total Minor losses = $0,051 \text{ m} + 0,17 \text{ m} = 0,221 \text{ m}$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + (v^2/2g)$$

$$= 1,7 \text{ m} + 0,286 \text{ m} = 1,986 \text{ m}$$

Head Pompa = $39 \text{ m} + 1,986 \text{ m} + 2 \text{ m} = 43,99 \text{ m} = 44 \text{ m}$

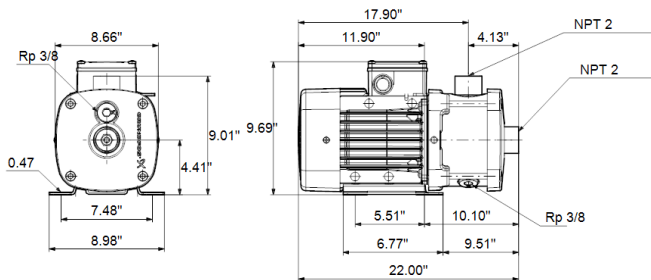
Q pompa = $6,7 \text{ l/detik}$



Gambar 5.5 Kurva Performa Pompa



Gambar 5.6 Pompa Grundfos Tipe CM15-3 A-S-G-E-AQQE



Gambar 5.7 Dimensi Pompa

Secara detail spesifikasi dari Pompa dapat dilihat di lampiran 6.

5.7 Perhitungan BOQ dan RAB

Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun berdasarkan dimensi unit yang telah direncanakan secara detail, sehingga dapat diketahui biaya pembangunan dan OM dari konstruksi tersebut. Perhitungan RAB dihitung berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya tahun 2018, Perhitungan BOQ dan RAB pada perancangan ini meliputi:

1. Unit Reservoir
2. Unit *Slow Sand Filter*
3. Aksesoris sambungan pipa tegak
4. *Operation and maintenance*

5.7.1 BOQ dan RAB Unit *Slow Sand Filter*

Dimensi unit slow sand filter yaitu panjang 3 m, lebar 3 m, dan kedalaman total 1,8 m, sehingga volume slow sand filter yaitu 21,6 m³.

- Volume galian
$$= \Sigma \text{bed} \times (p \times l \times h) + 1 \text{ m}^3$$
$$= 2 \text{ bed} \times (3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) + 1 \text{ m}^3$$
$$= 33,4 \text{ m}^3$$
- Volume beton
$$= (2 \times 0,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) + (2 \times 0,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) + (2 \times 0,2 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m})$$
$$= 7,92 \text{ m}^3$$
- Luas permukaan plesteran dan pelapisan waterproofing
Luas
$$= \Sigma \text{bed} \times (((p \times h) \times 2) + ((l \times h) \times 2)))$$
$$= 2 \times (((3 \times 2) \times 2) + ((3 \times 2) \times 2)))$$
$$= 48 \text{ m}^2$$
- Volume perlengkapan bed
 - Lapisan pasir
$$= \Sigma \text{bed} \times (p \times l \times h)$$
 - Pasir halus
$$= 2 \text{ bed} \times (3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})$$
$$= 10,8 \text{ m}^3$$
 - Lapisan kerikil
 - *Fine gravel*
$$= 2 \text{ bed} \times (3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})$$
$$= 1,8 \text{ m}^3$$
 - *Medium gravel*
$$= 2 \text{ bed} \times (3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})$$
$$= 1,8 \text{ m}^3$$
 - *Coarse gravel*
$$= 2 \text{ bed} \times (3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m})$$
$$= 1,8 \text{ m}^3$$

Table 5.27 BOQ dan RAB Unit *Pengolahan*

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali	m ²	25	Rp 2,948	Rp 73,700
Penggalian Tanah	m ³	66.8	Rp 36,459	Rp 2,435,461
Pekerjaan Beton	m ³	15.84	Rp 1,105,613	Rp 17,512,910
Plesteran Halus 1Pc : 1	m ²	48	Rp 97,017	Rp 4,656,816

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Ps tebal 1.5 cm				
Pelapisan Waterproofing	m ²	48	Rp 50,272	Rp 2,413,056
Pasir Silika	m ³	10.8	Rp 250,000	Rp 2,700,000
<i>Fine Gravel</i>	m ³	1.8	Rp 277,000	Rp 498,600
<i>Medium Gravel</i>	m ³	1.8	Rp 272,000	Rp 489,600
<i>Coarse Gravel</i>	m ³	1.8	Rp 267,000	Rp 480,600
Batako Berlubang	m ²	18	Rp 245,000	Rp 4,410,000
Ozone Generator	buah	1	Rp 7,500,000	Rp 7,500,000
Total Harga				Rp 43,170,743

Sumber: Perhitungan

5.7.2 BOQ dan RAB Unit Reservoir

Reservoir memiliki dimensi unit sebesar 12 m³ dengan rincian 63 negatif 3 m, lebar 2 m, dan kedalaman 2 meter. Rincian BOQ unit reservoir sebagai berikut:

- Luas bongkar paving = $(p+1 \text{ m}) \times (l+1 \text{ m})$
 $= (3+1) \times (2+1)$
 $= 12 \text{ m}^2$
- Volume galian = $(p+1 \text{ m}) \times (l+1 \text{ m}) \times (h+1 \text{ m})$
 $= (3+1) \times (2+1) \times (2+1)$
 $= 36 \text{ m}^3$

Tabel 5.28 BOQ dan RAB Unit Reservoir 1

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali	m ²	12	Rp 2,948	Rp 35,376
Penggalian Tanah	m ³	36	Rp 36,459	Rp 1,312,524
Pekerjaan Beton	m ³	7.97	Rp 1,105,613	Rp 8,809,524

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Plesteran Halus 1Pc : 1 Ps tebal 1.5 cm	m ²	23	Rp 97,017	Rp 2,231,391
Pelapisan Waterproofing	m ²	23	Rp 50,272	Rp 156,256
Pompa	Buah	1	Rp 22,700,000	Rp 22,700,000
Tutup manhole 80x80 cm, plat baja 5 mm	Buah	1	Rp 400,000	Rp 400,000
Total Harga				Rp 36,645,071

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.29 BOQ dan RAB Unit Reservoir 2

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan Rp	Harga
Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali	m2	4	Rp 2,948	Rp 11,792
Penggalian Tanah	m3	8	Rp 36,459	Rp 291,672
Pekerjaan Beton	m3	3.312	Rp 1,105,613	Rp 3,661,790
Plesteran Halus 1Pc : 1 Ps tebal 1.5 cm	m2	14	Rp 97,017	Rp 1,358,238
Pelapisan Waterproofing	m2	14	Rp 50,272	Rp 703,808
Tutup manhole 80x80 cm, plat baja 5 mm	buah	1	Rp 400,000	Rp 400,000
Total Harga				Rp 6,427,300

5.7.3 BOQ dan RAB Sistem Penyaluran Air

Tabel 5.30 BOQ dan RAB Sistem Penyaluran Air

Jenis	Jumlah	Volume	Harga Satuan	Harga
Pemasangan pipa PVC 110	m	110.874	Rp 33,119	Rp3,672,036
Pemasangan L PVC 4"	Buah	5	Rp 573,441	Rp2,867,205
Pemasangan Tee PVC 4"	Buah	33	Rp 1,193,883	Rp39,398,139
Penggalian Tanah	m ³	17.74	Rp 36,459	Rp646,776
Pembongkaran Paving Dipakai Kembali	m ²	22.2	Rp 5,896	Rp130,742
Pengurugan pasir (PADAT)	m ³	4.43	Rp 258,043	Rp1,144,410
Pengurugan tanah dengan pemadatan	m ³	8.9	Rp 223,243	Rp1,980,147
Total Harga				Rp49,839,457

Sumber: Perhitungan

5.7.4 BOQ dan RAB *Operation and Maintenance*

Pada unit *slow sand filter* perlu dilakukan pergantian pasir silika, gravel, dan batako dalam periode dua tahun sekali. Hal tersebut merupakan SOP perawatan dari unit *slow sand filter* sehingga performa tetap optimal. Secara jelas BOQ dan RAB tercantum dalam Tabel 5.31.

Tabel 5.31 BOQ dan RAB *Operation and Maintenance*

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Pasir Silika	m ³	10.8	Rp 250,000	Rp 2,700,000
Fine Gravel	m ³	1.8	Rp 277,000	Rp 498,600
Medium Gravel	m ³	1.8	Rp 272,000	Rp 489,600
Coarse Gravel	m ³	1.8	Rp 267,000	Rp 480,600

Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
Batako berlubang	m ²	18	Rp 245,000	Rp 4,410,000
Biaya pemasangan	m ³	19.8	Rp 45,643	Rp 903,731
Total Harga				Rp 9,482,531

Sumber: Perhitungan

Untuk biaya operasional pompa, dihitung berdasarkan daya dari pompa yang digunakan. Pompa *Grundfos* Tipe CM15-3 A-S-G-E-AQQE memiliki daya sebesar 8 *horse power* (HP) atau setara dengan 5,96 Kilowatt (KW). Untuk pemakaian listrik dari pompa yang digunakan per tahunnya adalah sebagai berikut:

Kebutuhan air per hari pada gedung Pascasarjana Kampus PENS adalah sebesar 13,7 m³/hari. Sedangkan volume pemompaan adalah 12 m³ dengan waktu pemompaan selama 30 menit. Maka dari itu pemompaan hanya dilakukan 1 kali sehari dengan waktu pemompaan 30 menit.

Daya listrik pompa 30 menit = 5,96 kWh x 30 menit/60
 = 2,98 kWh
 Pemakaian pompa 1 bulan = 2,98 kWh x 31 hari
 = 92,38 kWh
 Pemakaian pompa 1 tahun = 92,38 kWh x 12 bulan
 = 1108,56 kWh

Tabel 5.32 BOQ dan RAB *Operational Pompa*

Uraian Kegiatan	Satuan	Pemakaian	Harga Satuan	Harga
Penggunaan Pompa	kWh	1108.56	Rp 1,467	Rp1,626,258

Sumber: Perhitungan

Biaya lainnya yaitu untuk membayar operator, dengan biaya Rp 80.000 per hari. Dengan jumlah kerja 5 hari per minggu, maka gaji operator yaitu Rp 20.857.143 dan dibulatkan menjadi Rp 21.000.000 per tahun.

5.7.5 Total Rancangan Anggaran Biaya

Berdasarkan sub bab 5.7.1 hingga sub bab 5.7.4 dapat dihitung biaya investasi total dan biaya operasional dan pemeliharaan alat. Dari hasil analisa tersebut dapat digunakan sebagai nilai *cash outflow* dalam analisis kelayakan finansial. Secara detail, total rencana anggaran biaya untuk investasi rencana program tercantum dalam tabel 5.32. Sedangkan untuk detail rencana anggaran biaya untuk operasional dan perawatan tercantum dalam 5.33.

Tabel 5.33 Total Rancangan Biaya Investasi Konstruksi

No.	Kegiatan	Harga
1	Sistem Penyaluran Air	Rp 49,839,457
2	Pengolahan	Rp 43,170,743
3	Ground Reservoir Total	Rp 43,072,372
Total Harga		Rp 136,082,572

Sumber: Perhitungan

Tabel 5.34 Total Rancangan Biaya Operasi dan Perawatan dalam 1 Tahun

No.	Kegiatan	Harga
1	Operasi dan Perawatan Filter (per tahun)	Rp 4,741,266
2	Operasi Pompa	Rp 1,626,258
3	Operator	Rp 21,000,000
Total Harga		Rp 21,367,523

Sumber: Perhitungan

5.8 Analisis Kelayakan Finansial

Metode evaluasi kelayakan finansial yang akan dipergunakan dalam penelitian ini adalah dengan memperhitungkan perbandingan nilai biaya-manfaat dengan menggunakan indikator ekonomi dan finansial *Benefit-Cost Ratio* (BCR) dan *Net Present Value* (NPV).

Debit air yang dihasilkan pada perencanaan gedung Pascasarjana Kampus PENS terdiri atas air hujan yang dapat ditampung melalui atap dan air buangan AC yang terproduksi. Melalui tabel 5.26 total akumulasi inflow air hujan adalah 458,212 m³, sedangkan air buangan AC yang terproduksi tiap harinya adalah 2,74 m³ dan air bekas wudhu yang terproduksi perhari adalah 3,82 m³. Sehingga Debit total air yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Total Debit Air} &= 458,212 \text{ m}^3 + (2,74 \text{ m}^3 \times 31) + (3,82 \times 31) \\ &= 661,572 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Cash inflow dihasilkan berdasarkan dari biaya yang tersimpan dari debit total air yang diperoleh. Menurut Peraturan Walikota No. 55 Tahun 2005 tentang Tarif Air Minum dan Struktur Pemakaian Air Minum Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surabaya, Kampus PENS tergolongn dalam jenis kelompok pelanggan IX. Dimana salah satu kategorinya merupakan Perguruan Tinggi Negeri dengan Akreditasi A. Biaya yang harus dikeluarkan oleh Kampus PENS untuk 10 m³ awal adalah 4000 rupiah per m³, 10 m³ selanjutnya 6000 rupiah per m³, dan volume air selanjutnya adlaah 7500 rupiah per m³. Sehingga biaya penghematan pelaksanaan program pada gedung ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Debit Air} &= 661,572 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ \text{Biaya} &= (10 \times 4000) + (10 \times 6500) + ((661,572 - 10 - 10) \\ &\quad \times 7500) \\ &= 4.916.790 \text{ rupiah/bulan} \\ &= 59.001.480 \text{ rupiah/tahun}\end{aligned}$$

Sehingga pendapatan yang dihasilkan dalam perancangan aplikasi program ini yaitu 48,283 juta per tahun, dengan umur teknis proyek yang diasumsikan yaitu 10 tahun. Umur teknis adalah umur asset yang berlaku hingga secara teknis asset yang dipakai tidak dapat dipergunakan lagi. Tingkat pengembalian yang digunakan yaitu 10% per tahunnya.

Komponen *outflow* atau pengeluaran yang harus dibayarkan untuk berinvestasi sebesar 129,655,272 rupiah. Biaya

investasi tersebut merupakan biaya pembangunan unit pengolahan, penampungan, penyaluran, dan biaya operasional dan perawatan alat dari air buangan AC, air hujan, dan air bekas wudhu. Selain biaya investasi untuk konstruksi, terdapat pula biaya operasional dan perawatan sebagai *cash outflow*. Biaya tersebut untuk menjamin keberlangsungan alat secara ekonomis maupun teknis. Biaya operasional dan maintenance sebesar 6,367,523 rupiah.

5.8.1 Analisis *Net Present Value* (NPV)

NPV merupakan selisih dari investasi sekarang dengan nilai penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan mendatang. Rumus perhitungan NPV tercantum dalam rumus 2.1.

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + i)^t}$$

Dimana:

Bt = keuntungan pada tahun ke -t
 Ct = biaya pada tahun ke -t
 I = tingkat suku bunga (%)
 t = periode investasi
 n = umur teknis proyek

Dari perhitungan NPV maka dapat diketahui kelayakan dari proyek ini. Suatu proyek dikatakan layak jika $NPV > 0$, dan tidak layak jika $NPV < 0$. Dengan menggunakan tingkat diskonto (*discount factor*) sebesar 7% dan didapatkan *Present Worth Factor* (P/F) sesuai dengan lampiran 7. Nilai tingkat diskonto didapatkan melalui tingkat diskonto Bank Indonesia. Secara rinci, perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.33. Berdasarkan rumus perhitungan NPV didapat nilai NPV sebesar 53.049.932 rupiah. Karena nilai $NPV > 0$, maka proyek ini dikatakan layak secara finansial.

5.8.2 Analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Net Benefit Cost Ratio (Net B/C) merupakan angka perbandingan antara jumlah present value yang bernilai 69egative (modal investasi). Perhitungan net B/C dilakukan untuk melihat

berapa kali lipat manfaat yang diperoleh dari biaya yang dikeluarkan. Sementara itu, untuk nilai dari *Benefit Cost Ratio* (BCR) didapatkan berdasarkan rumus 2.2 sebagai berikut:

$$Net\ B/C = \sum_{i=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + i)^t}$$

Dimana:

B = *benefit*

C = *cost*

i = *discount rate*

t = *periode*

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai manfaat dari aplikasi program yaitu 1,371 dari biaya yang dikeluarkan, sehingga aplikasi program ini dapat dikatakan layak secara finansial. Secara rinci perhitungan dari BCR tercantum dalam tabel 5.35.

Tabel 5.35 Analisis Kelayakan Finansial Program

No.	Cashflow	Tahun									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A.	INFLOW										
	TOTAL PENERIMAAN	Rp 0	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480	Rp 59,001,480
B.	OUTFLOW										
	Biaya Konstruksi	Rp136,082,572	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0	Rp0
	Biaya Operasional Pompa	Rp0	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258	Rp1,626,258
	Biaya Perawatan Filter	Rp0	Rp0	Rp9,482,531	Rp0	Rp9,482,531	Rp0	Rp9,482,531	Rp0	Rp9,482,531	Rp0
	Biaya Operator	Rp0	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000	Rp21,000,000
	TOTAL PENGELUARAN	Rp152,864,933	Rp22,626,258	Rp32,108,789	Rp22,626,258	Rp32,108,789	Rp22,626,258	Rp32,108,789	Rp22,626,258	Rp32,108,789	Rp22,626,258
	Benefit	-Rp152,864,933	Rp36,375,222	Rp26,892,691	Rp36,375,222	Rp26,892,691	Rp36,375,222	Rp26,892,691	Rp36,375,222	Rp26,892,691	Rp36,375,222
	Discount Factor (7%)	0.9346	0.8734	0.8163	0.7629	0.713	0.6663	0.6227	0.582	0.5439	0.5083
	PV	-Rp142,867,567	Rp31,770,119	Rp21,952,504	Rp27,750,657	Rp19,174,489	Rp24,236,811	Rp16,746,079	Rp21,170,379	Rp14,626,935	Rp18,489,526
	NPV	Rp53,049,932									
	Net B/C	1.371									

Sumber: Perhitungan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai air buangan yang berpotensi untuk digunakan kembali di PENS dan PPNS, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Melalui penggunaan kembali air bekas wudhu, air buangan AC dan air hujan, potensi air buangan pada Kampus PENS dapat dilakukan penghematan sebesar 76% dari total kebutuhan air PDAM per tahun, yaitu sekitar 36.015 m³ per tahunnya. Sedangkan pada Kampus PPNS, mampu terpenuhi secara 100%, sekitar 47.811 m³ per tahunnya dari total kebutuhan air PDAM terlepas dari penggunaan air tanah dan air permukaan oleh kedua kampus.
2. Pada Kampus PENS yang mengeluarkan 355 juta rupiah pada tahun 2017, dapat dilakukan penghematan sebesar 270 juta. Sedangkan pada Kampus PPNS dengan pengeluaran 34,5 juta rupiah pada pengeluaran penyediaan air minum dapat sepenuhnya terbebas dari biaya penyediaan air PDAM.
3. Hasil analisis kelayakan finansial pada pengaplikasian program di gedung Pascasarjana Kampus PENS menyatakan bahwa proyek ini layak dilaksanakan secara finansial. Nilai kelayakan finansial program dibuktikan melalui perhitungan NPV yang menunjukkan nilai 53 juta rupiah dan BCR 1,371.

6.2 Saran

Pada penelitian lapangan air buangan yang berpotensi untuk digunakan kembali di Kampus PENS dan PPNS, terdapat beberapa saran antara lain:

1. Pada data kuesioner untuk mendapatkan kuantitas air buangan perlu diuji secara statistik sesuai dengan masing-masing jenis datanya agar nilai yang dianalisis dapat sesuai dengan kondisi lapangan.
2. Perlu adanya data meter air pada masing-masing gedung yang akan direncanakan untuk memastikan volume air

yang digunakan pada analisis perencanaan setepat mungkin.

3. Diperlukan penelitian dan perancangan lebih lanjut terhadap penyaluran air buangan AC yang disebabkan oleh keterbatasan gambar dan informasi lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla, Anis, M., Ahmad, S. dan Middlebrooks, E. J. 1980. *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science, Utah.
- Boulanger, L. 1997. "Observations on Variations in Electrical Conductivity of Pure Demineralized Water: Modification of Conductivity by Low-frequency Alternating Electric Fields". **International Committee for Research and Study of Environmental Factors**, Universite Libre de Bruxelles.
- Collins, N. Robbins, Eighmy, T. T., Fenstermacher Jr, J. M., dan Spanos, S. K. 1992. "Removing Natural Organic Matter by Conventional Slow Sand Filtration". **American Water Works Association**. Vol. 84 No. 5: 80 – 90.
- Dwivedi, A. K., Patil, V. B., dan Karankal, A. B. 2013. "Rooftop Rain Water Harvesting for Groundwater Recharge in an Educational Complex". **Global Journal of researches in Engineering Civil and Structural Engineering**, USA. Vol. 13, Issue, 1.
- Fadaei, Abdolmajid. 2015. "Comparison of the Efficiency of Physical and Biological Treatment of Slow Sand Filter in Kahkash (Samaan) Treatment Plant". **Resources and Environment**. Vol 5(4): 107 – 109.
- Fair, G. M., Geyer, J. C., & Okun, D. A. 1968. *Water and Wastewater Engineering Volume 2. Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Gittinger, J. P. 2008. *Analisa Ekonomi Proyek-Proyek Pertanian*. UI Press, Jakarta
- Gottschalk, C., Libra, J. A., dan Saupe, A. 2000. *Ozonation of Water and Waste Water*. German: Wiley-vch.
- Gray, C. P. 2007. *Pengantar Evaluasi Proyek*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Husnan, S. dan Suwarsono. 1994. *Studi Kelayakan Proyek*. Edisi Revisi. UPP AMP KYPN, Yogyakarta.
- Kadariah. 2001. *Evaluasi Proyek Analisis Ekonomi*. Edisi 2001. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta

- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Lestari, A. B. 2009. *Potensi Penggunaan Kembali Air Limbah: Studi Kasus Industri Polipropilena PT. Trypolyta Indonesia*, TBK. Tesis.
- Lestari, D. E. dan Utomo, S. B, 2007. *Karakteristik Kinerja Resin Penukar Ion pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA) RSG-GAS*. Pusat Reaktor Serba Guna Batan, Banten.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A. F. 2016. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. ITS Press, Surabaya.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*
- Muhammad, N. dan Hooke, A. Morris. 2003. "Biomass Characterization of Slow Sand Filtration Schmutzdecke and Its Effects on Filter Performance". **Environmental Technology**. Vol 25: 43 – 50
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Pemerintah Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Pramudya, B. dan Dewi, N. 1992. *Ekonomi Teknik*. Jica DGHE-IPB, Bogor.
- Sanim, B. 2011. *Sumberdaya Air dan Kesejahteraan Publik (Suatu Tinjauan Teoritis dan Kajian Praktis)*. IPB Press, Bogor.
- Schulz, C. R. dan Okun, D. A. 1984. *Surface Water Treatment for Communities In Developing Countries*. John Willey & Sons Inc, New York.
- Suprpto, H. Bramantyo Agung. 2015. "Konsep Pemanfaatan Air Hujan sebagai Air Siap Pakai". Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri ITB, Bandung.
- UNEP International Technology Centre. 2001. *Rainwater Harvesting*. Murdoch University of Western Australia
- Untari, T dan Kusnadi, J. 2015. "Pemanfaatan Air Hujan sebagai Air Layak Konsumsi di Kota Malang dengan Metode

- Modifikasi Filtrasi Sederhana". **Jurnal Pangan dan Agroindustri**, vol. 3, no. 4.
- Zaied, Roubi. A. 2017. "Water Use and Time Analysis in Ablution from Taps". **Applied Water Science**. Vol.7, PP. 2329 – 2336.
- Zorlugenç, B., Zorlugenç, F. K., Öztekin, S., dan Evliya, B. 2008. "The Influence of Gaseous Ozone and Ozonated Water on Microbial Flora and Degradation of Aflatoxin B₁ in Dried Figs". **Food and Chemical Toxicology**. Vol. 46, PP. 3593-3597

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

Kuesioner

I. Kuesioner Civitas Akademika

Nama	:	
Jurusan	:	
Berapa kali anda solat di kampus (PENS/PPNS) dalam satu minggu	:	
Berapa kali anda wudhu di kampus (PENS/PPNS) dalam satu minggu	:	

II. Kuesioner Kampus PENS dan PPNS

Penggunaan AC di ruang dosen	:		jam/hari
Penggunaan AC di ruang kelas	:		jam/hari
Penggunaan AC di sekretariat	:		jam/hari
Penggunaan AC di laboratorium	:		jam/hari
Penggunaan AC	:	Senin - Jumat	Senin - Minggu

LAMPIRAN 2
Curah Hujan Keputih 10 Tahun Terakhir

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2008

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	60	0	20	0	15	0	0	0	0	0	43	0
3	0	28	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	8	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
9	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	30
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	45
12	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49

[illegible]

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2009

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	9	0	16	10	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	26	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	26	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	22	5	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	120	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	9	0	48	0	0	50	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
12	12	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	40
13	60	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
15	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	50	0	0	15	0	0	0	0	0	0	25
17	21	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	50
18	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0	40
21	10	15	0	10	0	0	0	0	0	0	12	25
22	0	30	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	15	0	0	23	0	0	0	0	0	0	50
24	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	16	0	10	0	0	0	0	0	0	16	0

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
30	0		20	0	0	0	0	0	0	0	0	15
31	81		5	0	0		0	0		0		0

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2010

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	25	0	26	25	15	0	0	0	0	0	9	10
2	30	10	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	42	25	25	25	0	9	0	0	0	6	90
4	0	35	20	0	0	13	6	0	0	0	3	10
5	25	40	20	0	20	15	1	0	0	0	10	5
6	40	30	25	35	0	0	0	0	25	0	15	40
7	14	15	40	20	0	15	0	0	15	0	46	0
8	0	30	0	0	21	25	0	0	0	21	0	0
9	0	0	0	25	10	20	0	0	0	27	0	0

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
10	15	0	12	0	15	0	6	0	0	0	0	10
11	10	0	0	25	15	15	0	0	0	0	10	0
12	0	8	0	30	0	0	8	0	15	0	0	5
13	25	6	0	20	30	0	0	0	0	0	0	0
14	0	10	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	15	15	0	0	0	0	46	0	5
16	0	0	0	30	10	0	0	0	0	18	0	0
17	0	0	0	10	25	0	0	0	0	3	0	7
18	0	25	30	20	0	0	0	0	0	0	0	5
19	15	46	25	0	15	0	0	0	0	0	0	0
20	20	25	0	0	20	0	0	0	10	0	5	10
21	40	20	10	0	0	0	0	0	8	0	6	0
22	25	0	0	15	15	0	0	0	15	0	0	0
23	0	26	0	20	25	0	0	0	14	0	0	10
24	40	20	45	30	35	0	0	10	0	0	0	0
25	40	0	52	25	15	0	0	0	15	0	10	0
26	25	26	0	20	0	0	0	0	0	0	0	12

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
27	28	32	0	15	0	0	6	0	0	0	0	5
28	5	35	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
29	5		0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
30	0		15	0	0	0	0	0	0	0	5	0
31	0		0		0		0	0		19		0

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2011

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	5	20	20	20	21	0	0	0	0	0	0	0
2	10	25	10	40	7	0	0	0	0	0	0	30
3	0	19	0	39	31	0	0	0	0	0	19	50
4	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	7	26	0	0	0	0	0	3	47
6	20	0	0	17	8	0	0	0	0	0	0	0

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
7	0	0	8	9	0	0	0	0	0	0	30	10
8	10	20	14	0	0	0	0	0	0	0	0	5
9	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	78	0
10	25	0	0	10	0	0	0	0	0	23	0	0
11	0	0	0	30	6	0	0	0	0	0	0	0
12	0	30	20	14	0	0	0	0	0	0	0	25
13	0	7	5	0	10	0	0	0	0	0	3	0
14	10	47	7	30	7	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	13	0	9	0	0	0	0	0	0	0	54
17	0	0	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	27	43
19	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	1
20	5	0	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0
21	0	5	0	16	0	0	0	0	0	0	0	9
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	10	30	9	0	0	0	0	0	0	33	0

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
24	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
25	15	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20
26	21	15	25	28	0	0	0	0	0	0	0	21
27	0	0	24	10	0	0	0	0	0	0	0	25
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
29	6		27	20	20	0	0	0	0	0	2	0
30	18		0	32	15	0	0	0	0	0	60	0
31	26		0		0		0	0		0		57

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2012

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	72	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	47
2	49	10	0	8	0	0	0	0	0	0	0	31
3	0	24	0	0	9	0	0	0	0	0	0	24

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
4 5	0 33	10 0	0 0	0 19	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 40
6 7 8 9 10	24 0 0 0 32	0 9 67 5 13	25 12 0 0 0	0 0 30 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 10 0 0	0 0 0 0 21
11 12 13 14 15	0 6 0 0 52	27 21 9 7 10	0 0 19 11 7	0 0 0 0 22	0 0 0 24 17	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 4 0 0 0	0 0 0 0 0	22 0 0 0 28
16 17 18 19 20	61 20 16 0 55	55 0 3 0 3	5 14 20 0 21	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 13 5 47	0 11 10 0 10

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
21	0	4	0	19	0	0	0	0	0	0	0	18
22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
23	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
24	4	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	9	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	26
27	0	0	35	4	0	0	0	0	0	0	0	64
28	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
30	85		0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
31	20		0		0		0	0		0		48

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2013

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	38	0	0	30	10	0	0	0	0	0	0	0
2	30	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	15
3	12	15	8	0	0	15	65	0	0	0	0	0
4	65	25	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
6	0	0	10	30	0	25	0	0	0	0	0	10
7	22	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	25
9	0	0	10	22	20	5	0	0	0	0	0	6
10	0	0	18	0	12	0	0	0	0	0	0	5
11	0	7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	10
12	0	0	35	0	18	0	0	0	0	0	0	15
13	0	0	20	12	0	0	0	0	0	0	0	20
14	0	20	25	6	47	5	0	0	0	0	0	40
15	42	19	40	20	0	39	0	0	0	0	5	20
16	0	0	25	25	0	0	0	0	0	0	10	62

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	0	45	21	0	0	0	0	0	0	0	5	30
18	26	0	20	0	0	52	0	0	0	0	0	0
19	47	0	35	8	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	7	19	0	0	0	0	0	15	0
21	22	0	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0
22	30	0	0	0	10	0	7	0	0	0	10	0
23	14	0	0	80	12	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0
25	11	25	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
26	0	10	0	0	0	8	0	0	0	0	30	0
27	62	50	0	0	42	15	0	0	0	0	0	0
28	66	38	53	5	25	41	0	0	0	0	15	0
29	58		25	0	0	0	0	0	0	0	20	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0		0		0		0	0		0		0

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2014

[illegible]

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	0	70	4	0	0	0	0	0	0	0	0	30.5
18	5	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0	5.5	134
20	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
21	0	40	7	0	0	0	0	0	0	0	0	13.5
22	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.5
23	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12.5
27	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	23
28	6	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
29	5		31	0	0	0	0	0	0	0	30	8
30	0		19	0	0	0	0	0	0	0	1	49
31	0		10		0		0	0		0		0

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2015

[illegible]

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	30.5	9	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	45	8.5	9.5	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0
19	58	15.5	6	2	0	0	0	0	0	0	14	9
20	37	44	37	0	0	0	0	0	0	0	15	0
21	0	44.5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2	30	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	13.5	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
25	6	2	0	6.5	0	0	0	0	0	0	1	0
26	7	5	18	0	19	0	0	0	0	0	12	18
27	0	7	0	0	4	0	0	0	0	0	59	20
28	44	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
29	60.5		0	10	0	0	0	0	0	0	4	30
30	20.5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	9		25		0		0	0		0		2

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2016

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	17	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2	0	13	0	16	4	13	0	0	0	3	0	6
3	0	4	16	1	0	0	2	0	0	5	0	12
4	31.5	0	0	9	0	0	0	0	0	15	0	7
5	0	68	0	15	0	0	0	0	0	0	0	10
6	0	5	15	0	0	0	0	19	9	0	0	0
7	0	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
8	0	9	0	0	0	16	0	0	3	6.5	58	2
9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	65	0	3
10	0	5	7	1	3.5	0	0	0	0	36.5	23.5	3
11	4	50	4	11.5	0	0	0	0	0	0	0	2
12	0	0	0	6	2	0	5	0	0	57.5	0	0
13	0	6	10	1	0	0	8	19.5	0	1.5	0	5
14	13	0	7	41	0	3	0	31.5	0	32	0	0
15	0	14	12	59	0	3	20	1	0	0	0	4
16	0	81	10	50	0	0	45	0	0	0	23	5

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	0	2	12	3.5	15	8	0	0	0	0	62	2.5
18	0	0	0	0	0	13	15	0	0	0	0	0
19	59	24	1	0	1.5	4.5	17	0	0	0	0	23.5
20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	40	15	0	0	37.5	0	0	0	0	0	0	0
22	50	25	0	0	67	0	8	0	0	0	0	0
23	24	14	34	0	3	0	0	0	0	8	0	0
24	1.5	34	0	0	45.5	0	3	0	69	71	13.5	0
25	0	40	5	0	0	0	0	0	2.5	0	5	0
26	17	75	1	0	0	0	0	0	2.5	2	11	15
27	0	85	0	0	3.5	0	0	0	0	0	0	16.5
28	19.5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	30
29	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	20
30	13		0	0	164	0	0	0	0	0	28	35
31	25		0		0		0	0		0		32

Data Curah Hujan Keputih Tahun 2017

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	20	40	4	28.5	0	0	0	0	0	0	7	0
5	0	74	0	6	0	0	0	0	0	0	0	10
6	0	0	31	4	0	4	0	0	0	0	0	26
7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4	21
8	0	0	0	8	15	0	0	0	0	0	0	11
9	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	8	0	0	5	0	0	0	0	0	1
13	40	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	45	0	11	17.5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	40	0	38.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	30	43	0	0	0	6	0	0	0	0	0	7

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
17	0	40	2	0	0	0	0	0	0	0	0	60
18	0	45	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1
19	0	30	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	3
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	10	0	8	0	0	0	0	0	0
22	50	0	3	9	0	0	0	0	0	0	27	0
23	63	3	6	0	0	0	0	0	0	0	33	0
24	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0
25	8	9	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	8	38	2	0	20	0	0	0	0	25	2
27	10	7	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	14	0
29	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	37
31	25	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0

LAMPIRAN 3 Perhitungan Volume Air Hujan

Kampus PENS

Gedung D3

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
1	175	4524	0.8	633.36	633.36
2	228	4524	0.8	825.18	1458.54
3	246	4524	0.8	890.32	2348.86
4	425	4524	0.8	1538.16	3887.02
5	166	4524	0.8	600.79	4487.81
6	0	4524	0.8	0.00	4487.81
7	0	4524	0.8	0.00	4487.81
8	0	4524	0.8	0.00	4487.81
9	0	4524	0.8	0.00	4487.81
10	23	4524	0.8	83.24	4571.05
11	276	4524	0.8	998.90	5569.95
12	404	4524	0.8	1462.16	7032.11

Gedung D4

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
1	175	4667	0.8	653.36	653.36
2	228	4667	0.8	851.24	1504.60
3	246	4667	0.8	918.44	2423.04

Gedung D4

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
4	425	4667	0.8	1586.73	4009.77
5	166	4667	0.8	619.76	4629.53
6	0	4667	0.8	0.00	4629.53
7	0	4667	0.8	0.00	4629.53
8	0	4667	0.8	0.00	4629.53
9	0	4667	0.8	0.00	4629.53
10	23	4667	0.8	85.87	4715.40
11	276	4667	0.8	1030.44	5745.84
12	404	4667	0.8	1508.33	7254.17

Gedung A

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	2323	0.8	325.25	325.25
2	228	2323	0.8	423.76	749.01
3	246	2323	0.8	457.21	1206.23
4	425	2323	0.8	789.90	1996.13
5	166	2323	0.8	308.53	2304.65
6	0	2323	0.8	0.00	2304.65
7	0	2323	0.8	0.00	2304.65
8	0	2323	0.8	0.00	2304.65
9	0	2323	0.8	0.00	2304.65

Gedung A

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
10	23	2323	0.8	42.75	2347.40
11	276	2323	0.8	512.97	2860.37
12	404	2323	0.8	750.87	3611.24

Gedung B

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	716	0.8	100.27	100.27
2	228	716	0.8	130.64	230.92
3	246	716	0.8	140.96	371.88
4	425	716	0.8	243.52	615.40
5	166	716	0.8	95.12	710.52
6	0	716	0.8	0.00	710.52
7	0	716	0.8	0.00	710.52
8	0	716	0.8	0.00	710.52
9	0	716	0.8	0.00	710.52
10	23	716	0.8	13.18	723.70
11	276	716	0.8	158.15	881.85
12	404	716	0.8	231.49	1113.34

Gedung Pascasarjana

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1653	0.8	231.42	231.42
2	228	1653	0.8	301.51	532.93
3	246	1653	0.8	325.31	858.24
4	425	1653	0.8	562.02	1420.26
5	166	1653	0.8	219.52	1639.78
6	0	1653	0.8	0.00	1639.78
7	0	1653	0.8	0.00	1639.78
8	0	1653	0.8	0.00	1639.78
9	0	1653	0.8	0.00	1639.78
10	23	1653	0.8	30.42	1670.19
11	276	1653	0.8	364.98	2035.17
12	404	1653	0.8	534.25	2569.42

Kampus PPNS

Gedung A

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1280	0.8	179.20	179.20
2	228	1280	0.8	233.47	412.67
3	246	1280	0.8	251.90	664.58
4	425	1280	0.8	435.20	1099.78

Gedung A

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
5	166	1280	0.8	169.98	1269.76
6	0	1280	0.8	0.00	1269.76
7	0	1280	0.8	0.00	1269.76
8	0	1280	0.8	0.00	1269.76
9	0	1280	0.8	0.00	1269.76
10	23	1280	0.8	23.55	1293.31
11	276	1280	0.8	282.62	1575.94
12	404	1280	0.8	413.70	1989.63

Gedung B

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
1	175	1594	0.8	223.16	223.16
2	228	1594	0.8	290.75	513.91
3	246	1594	0.8	313.70	827.60
4	425	1594	0.8	541.96	1369.56
5	166	1594	0.8	211.68	1581.25
6	0	1594	0.8	0.00	1581.25
7	0	1594	0.8	0.00	1581.25
8	0	1594	0.8	0.00	1581.25

Gedung B

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
9	0	1594	0.8	0.00	1581.25
10	23	1594	0.8	29.33	1610.58
11	276	1594	0.8	351.96	1962.53
12	404	1594	0.8	515.18	2477.71

Gedung C

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	460	0.8	64.40	64.40
2	228	460	0.8	83.90	148.30
3	246	460	0.8	90.53	238.83
4	425	460	0.8	156.40	395.23
5	166	460	0.8	61.09	456.32
6	0	460	0.8	0.00	456.32
7	0	460	0.8	0.00	456.32
8	0	460	0.8	0.00	456.32
9	0	460	0.8	0.00	456.32
10	23	460	0.8	8.46	464.78
11	276	460	0.8	101.57	566.35
12	404	460	0.8	148.67	715.02

Gedung D

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1462	0.8	204.68	204.68
2	228	1462	0.8	266.67	471.35
3	246	1462	0.8	287.72	759.07
4	425	1462	0.8	497.08	1256.15
5	166	1462	0.8	194.15	1450.30
6	0	1462	0.8	0.00	1450.30
7	0	1462	0.8	0.00	1450.30
8	0	1462	0.8	0.00	1450.30
9	0	1462	0.8	0.00	1450.30
10	23	1462	0.8	26.90	1477.20
11	276	1462	0.8	322.81	1800.01
12	404	1462	0.8	472.52	2272.53

Gedung F

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1820	0.8	254.80	254.80
2	228	1820	0.8	331.97	586.77
3	246	1820	0.8	358.18	944.94
4	425	1820	0.8	618.80	1563.74
5	166	1820	0.8	241.70	1805.44

Gedung F

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
6	0	1820	0.8	0.00	1805.44
7	0	1820	0.8	0.00	1805.44
8	0	1820	0.8	0.00	1805.44
9	0	1820	0.8	0.00	1805.44
10	23	1820	0.8	33.49	1838.93
11	276	1820	0.8	401.86	2240.78
12	404	1820	0.8	588.22	2829.01

Gedung G

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1820	0.8	254.80	254.80
2	228	1820	0.8	331.97	586.77
3	246	1820	0.8	358.18	944.94
4	425	1820	0.8	618.80	1563.74
5	166	1820	0.8	241.70	1805.44
6	0	1820	0.8	0.00	1805.44
7	0	1820	0.8	0.00	1805.44
8	0	1820	0.8	0.00	1805.44
9	0	1820	0.8	0.00	1805.44
10	23	1820	0.8	33.49	1838.93

Gedung G

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
11	276	1820	0.8	401.86	2240.78
12	404	1820	0.8	588.22	2829.01

Gedung H

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m ²)	Koefisien Runoff	Volume (m ³)	Akumulasi volume (m ³)
1	175	1000	0.8	140.00	140.00
2	228	1000	0.8	182.40	322.40
3	246	1000	0.8	196.80	519.20
4	425	1000	0.8	340.00	859.20
5	166	1000	0.8	132.80	992.00
6	0	1000	0.8	0.00	992.00
7	0	1000	0.8	0.00	992.00
8	0	1000	0.8	0.00	992.00
9	0	1000	0.8	0.00	992.00
10	23	1000	0.8	18.40	1010.40
11	276	1000	0.8	220.80	1231.20
12	404	1000	0.8	323.20	1554.40

Gedung I

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1200	0.8	168.00	168.00
2	228	1200	0.8	218.88	386.88
3	246	1200	0.8	236.16	623.04
4	425	1200	0.8	408.00	1031.04
5	166	1200	0.8	159.36	1190.40
6	0	1200	0.8	0.00	1190.40
7	0	1200	0.8	0.00	1190.40
8	0	1200	0.8	0.00	1190.40
9	0	1200	0.8	0.00	1190.40
10	23	1200	0.8	22.08	1212.48
11	276	1200	0.8	264.96	1477.44
12	404	1200	0.8	387.84	1865.28

Gedung J

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1195	0.8	167.30	167.30
2	228	1195	0.8	217.97	385.27
3	246	1195	0.8	235.18	620.44
4	425	1195	0.8	406.30	1026.74
5	166	1195	0.8	158.70	1185.44

Gedung J

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
6	0	1195	0.8	0.00	1185.44
7	0	1195	0.8	0.00	1185.44
8	0	1195	0.8	0.00	1185.44
9	0	1195	0.8	0.00	1185.44
10	23	1195	0.8	21.99	1207.43
11	276	1195	0.8	263.86	1471.28
12	404	1195	0.8	386.22	1857.51

Gedung K

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1780	0.8	249.20	249.20
2	228	1780	0.8	324.67	573.87
3	246	1780	0.8	350.30	924.18
4	425	1780	0.8	605.20	1529.38
5	166	1780	0.8	236.38	1765.76
6	0	1780	0.8	0.00	1765.76
7	0	1780	0.8	0.00	1765.76
8	0	1780	0.8	0.00	1765.76
9	0	1780	0.8	0.00	1765.76
10	23	1780	0.8	32.75	1798.51

Gedung K

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
11	276	1780	0.8	393.02	2191.54
12	404	1780	0.8	575.30	2766.83

Gedung L

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1558	0.8	218.12	218.12
2	228	1558	0.8	284.18	502.30
3	246	1558	0.8	306.61	808.91
4	425	1558	0.8	529.72	1338.63
5	166	1558	0.8	206.90	1545.54
6	0	1558	0.8	0.00	1545.54
7	0	1558	0.8	0.00	1545.54
8	0	1558	0.8	0.00	1545.54
9	0	1558	0.8	0.00	1545.54
10	23	1558	0.8	28.67	1574.20
11	276	1558	0.8	344.01	1918.21
12	404	1558	0.8	503.55	2421.76

Gedung M

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	988	0.8	138.32	138.32
2	228	988	0.8	180.21	318.53
3	246	988	0.8	194.44	512.97
4	425	988	0.8	335.92	848.89
5	166	988	0.8	131.21	980.10
6	0	988	0.8	0.00	980.10
7	0	988	0.8	0.00	980.10
8	0	988	0.8	0.00	980.10
9	0	988	0.8	0.00	980.10
10	23	988	0.8	18.18	998.28
11	276	988	0.8	218.15	1216.43
12	404	988	0.8	319.32	1535.75

Gedung N

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefsien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	285	0.8	39.90	39.90
2	228	285	0.8	51.98	91.88
3	246	285	0.8	56.09	147.97
4	425	285	0.8	96.90	244.87
5	166	285	0.8	37.85	282.72

Gedung N

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
6	0	285	0.8	0.00	282.72
7	0	285	0.8	0.00	282.72
8	0	285	0.8	0.00	282.72
9	0	285	0.8	0.00	282.72
10	23	285	0.8	5.24	287.96
11	276	285	0.8	62.93	350.89
12	404	285	0.8	92.11	443.00

Gedung P

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1674.5	0.8	234.43	234.43
2	228	1674.5	0.8	305.43	539.86
3	246	1674.5	0.8	329.54	869.40
4	425	1674.5	0.8	569.33	1438.73
5	166	1674.5	0.8	222.37	1661.10
6	0	1674.5	0.8	0.00	1661.10
7	0	1674.5	0.8	0.00	1661.10
8	0	1674.5	0.8	0.00	1661.10
9	0	1674.5	0.8	0.00	1661.10
10	23	1674.5	0.8	30.81	1691.91

Gedung P

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
11	276	1674.5	0.8	369.73	2061.64
12	404	1674.5	0.8	541.20	2602.84

Gedung T

Bulan	Curah Hujan (mm)	Luas Atap (m2)	Koefisien Runoff	Volume (m3)	Akumulasi volume (m3)
1	175	1136	0.8	159.04	159.04
2	228	1136	0.8	207.21	366.25
3	246	1136	0.8	223.56	589.81
4	425	1136	0.8	386.24	976.05
5	166	1136	0.8	150.86	1126.91
6	0	1136	0.8	0.00	1126.91
7	0	1136	0.8	0.00	1126.91
8	0	1136	0.8	0.00	1126.91
9	0	1136	0.8	0.00	1126.91
10	23	1136	0.8	20.90	1147.81
11	276	1136	0.8	250.83	1398.64
12	404	1136	0.8	367.16	1765.80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 4
Hasil Analisis Laboratorium Kualitas Air



PEMERIKSAAN FISIKA, KIMIA DAN BAKTERIOLOGI

No. Laboratorium : 100-031/03/A/KL/2018
Dikirim Oleh : Sdr. Chiko
Diterima Tanggal : 26 Maret 2018
Sampel Dari : Air Bekas Wudhu

No	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum *)	Hasil Analisa	Metode Analisa
A. FISIKA					
1	Bau	-	-	tak berbau	-
2	Total Disolved Solid (TDS)	mg/L	500	380	Gravimetri
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	5,89	Turbidimetri
4	Rasa	-	-	-	-
5	Suhu	°C	Suhu Udara	25	Termometer
6	Warna	Unit PtCo	15	68,50	Spektrofotometri
7	Daya Hantar Listrik (DHL)	μmhos/cm	-	648	Conductivity meter
B. KIMIA					
a. Kimia Anorganik					
1	Air Raksa	mg/L Hg	0,001	0,00	AAS
2	Aluminium	mg/L Al	0,2	0,02	AAS
3	Ammoniak	mg/L NH ₃ -N	1,5	43,81	Spektrofotometri
4	Arsen	mg/L As	0,01	0,00	AAS
5	Barium	mg/L Ba	0,7	0,00	AAS
6	Besi	mg/L Fe	0,3	0,15	Spektrofotometri
7	Boron	mg/L B	0,5	0,00	
8	Fluorida	mg/L F	1,5	0,54	Spektrofotometri
9	Kadmium	mg/L Cd	0,003	0,000	AAS
10	Kesadahan Total	mg/L CaCO ₃	500	164,29	Kompleksometri
11	Khlorida	mg/L Cl	250	70,00	Argentometri
12	Kromium, Valensi 6	mg/L Cr ⁶⁺	0,05	0,00	AAS
13	Mangan	mg/L Mn	0,4	0,00	Spektrofotometri
14	Natrium	mg/L Na	200	25,40	AAS
15	Nikel	mg/l Ni	0,07	0,01	AAS
16	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	0,28	Spektrofotometri
17	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	3	0,365	Spektrofotometri
18	Perak	mg/L Ag	0,001	0,00	AAS
19	pH	-	6,5 - 8,5	8,45	pHmeter
20	Selenium	mg/L Se	0,01	0,00	
21	Seng	mg/L Zn	3	0,08	AAS
22	Sianida	mg/L CN	0,07	0,00	Spektrofotometri
23	Sulfat	mg/L SO ₄	250	64,46	Spektrofotometri
24	Sulfida	mg/L H ₂ S	0,05	0,00	Iodimetri
25	Tembaga	mg/L Cu	2	0,02	
26	Timbal	mg/L Pb	0,05	0,00	AAS
27	Sisa Klor	mg/L Cl ₂	5	0,00	Iodimetri
b. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L KMnO ₄	10	23,20	Oksidasi/Titrimetri
2	Detergent	mg/L LAS	0,05	0,18	Spektrofotometri
C. BAKTERIOLOGI					
1	Total Koliform	MPN/100 mL	0	50000	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 05 April 2018
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Kurnaningroem, MSc
NIP. 195301281985032001

*) : Per. Men.Kes. No.: 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal 19 April 2010

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami.



PEMERIKSAAN FISIKA, KIMIA DAN BAKTERIOLOGI

No. Laboratorium : 100-032/03/A/KL/2018
Dikirim Oleh : Sdr. Chiko
Diterima Tanggal : 27 Maret 2018
Sampel Dari : Air Hujan

No	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum *)	Hasil Analisa	Metode Analisa
A. FISIKA					
1	Bau	-	-	tak berbau	-
2	Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	500	28	Gravimetri
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	7,09	Turbidimetri
4	Rasa	-	-	-	-
5	Suhu	°C	Suhu Udara	25	Termometer
6	Warna	Unit PtCo	15	40,00	Spektrofotometri
7	Daya Hantar Listrik (DHL)	µmhos/cm	-	48	Conductivity meter
B. KIMIA					
a. Kimia Anorganik					
1	Air Raksa	mg/L Hg	0,001	0,00	AAS
2	Aluminium	mg/L Al	0,2	0,00	AAS
3	Ammoniak	mg/L NH ₃ -N	1,5	7,53	Spektrofotometri
4	Arsen	mg/L As	0,01	0,00	AAS
5	Barium	mg/L Ba	0,7	0,00	AAS
6	Besi	mg/L Fe	0,3	0,29	Spektrofotometri
7	Boron	mg/L B	0,5	0,00	-
8	Fluorida	mg/L F	1,5	0,10	Spektrofotometri
9	Kadmium	mg/L Cd	0,003	0,000	AAS
10	Kesadahan Total	mg/L CaCO ₃	500	0,00	Kompleksometri
11	Khlorida	mg/L Cl	250	18,00	Argentometri
12	Kromium, Valensi 6	mg/L Cr ⁶⁺	0,05	0,00	AAS
13	Mangan	mg/L Mn	0,4	0,00	Spektrofotometri
14	Natrium	mg/L Na	200	0,00	AAS
15	Nikel	mg/L Ni	0,07	0,00	AAS
16	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	1,10	Spektrofotometri
17	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	3	0,039	Spektrofotometri
18	Perak	mg/L Ag	0,001	0,00	AAS
19	pH	-	6,5 - 8,5	6,00	pHmeter
20	Selenium	mg/L Se	0,01	0,00	-
21	Seng	mg/L Zn	3	0,06	AAS
22	Sianida	mg/L CN	0,07	0,00	Spektrofotometri
23	Sulfat	mg/L SO ₄	250	3,00	Spektrofotometri
24	Sulfida	mg/L H ₂ S	0,05	0,00	Iodimetri
25	Tembaga	mg/L Cu	2	0,00	-
26	Timbal	mg/L Pb	0,05	0,00	AAS
27	Sisa Klor	mg/L Cl ₂	5	0,00	Iodimetri
b. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L KMnO ₄	10	17,57	Oksidasi/Titrimetri
2	Detergen	mg/L LAS	0,05	0,00	Spektrofotometri
C. BAKTERIOLOGI					
1	Total Koliiform	MPN/100 mL	0	40	Fermentasi Multi Tabung

Sarabaya, 05 April 2018
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

*) : Per. Men.Kes. No.: 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal 19 April 2010

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami.

Prof. Dr. Ir. Niki Kurnaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

PEMERIKSAAN FISIKA, KIMIA DAN BAKTERIOLOGI

No. Laboratorium : 100-033/03/A/KL/2018
Dikirim Oleh : Sdr. Chiko
Diterima Tanggal : 28 Maret 2018
Sampel Dari : Air A C

No	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum *)	Hasil Analisa	Metode Analisa
A. FISIKA					
1	Bau	-	-	tak berbau	-
2	Total Disolved Solid (TDS)	mg/L	500	20	Gravimetri
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	0,71	Turbidimetri
4	Rasa	-	-	-	-
5	Suhu	°C	Suhu Udara	25	Termometer
6	Warna	Unit PtCo	15	5,00	Spektrofotometri
7	Daya Hantar Listrik (DHL)	µmhos/cm	-	36	Conductivity meter
B. KIMIA					
a. Kimia Anorganik					
1	Air Raksa	mg/L Hg	0,001	0,00	AAS
2	Aluminium	mg/L Al	0,2	0,00	AAS
3	Ammoniak	mg/L NH ₃ -N	1,5	5,81	Spektrofotometri
4	Arsen	mg/L As	0,01	0,00	AAS
5	Barium	mg/L Ba	0,7	0,00	AAS
6	Besi	mg/L Fe	0,3	0,07	Spektrofotometri
7	Boron	mg/L B	0,5	0,00	
8	Fluorida	mg/L F	1,5	0,00	Spektrofotometri
9	Kadmium	mg/L Cd	0,003	0,000	AAS
10	Kesadahan Total	mg/L CaCO ₃	500	0,00	Kompleksometri
11	Khlorida	mg/L Cl	250	4,00	Argentometri
12	Kromium, Valensi 6	mg/L Cr ⁶⁺	0,05	0,00	AAS
13	Mangan	mg/L Mn	0,4	0,00	Spektrofotometri
14	Natrium	mg/L Na	200	0,00	AAS
15	Nikel	mg/L Ni	0,07	0,00	AAS
16	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	0,28	Spektrofotometri
17	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	3	0,140	Spektrofotometri
18	Perak	mg/L Ag	0,001	0,00	AAS
19	pH	-	6,5 - 8,5	7,00	pHmeter
20	Selenium	mg/L Se	0,01	0,00	
21	Seng	mg/L Zn	3	0,01	AAS
22	Sianida	mg/L CN	0,07	0,00	Spektrofotometri
23	Sulfat	mg/L SO ₄	250	0,00	Spektrofotometri
24	Sulfida	mg/L H ₂ S	0,05	0,00	Iodimetri
25	Tembaga	mg/L Cu	2	0,00	
26	Timbal	mg/L Pb	0,05	0,00	AAS
27	Sisa Khlor	mg/L Cl ₂	5	0,00	Iodimetri
b. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L KMnO ₄	10	4,10	Oksidasi/Titrimetri
2	Detergent	mg/L LAS	0,05	0,00	Spektrofotometri
C. BAKTERIOLOGI					
1	Total Koliform	MPN/100 mL	0	500	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 05 April 2018
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Karmaningroem, MSc
NIP. 195501281985032001

*) : Per. Men.Kes. No. : 492/Menkes/Per/IV/2010 Tanggal 19 April 2010

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk contoh air yang diterima laboratorium kami.

LAMPIRAN 5
Jumlah Civitas Akademik yang Wudhu di Musholla An-Nahl

Musholla An-Nahl						
Hari	04.20 – 05.36	11.33 – 14.51	14.51 – 17.36	17.36- 18.32	18.42 – 22.00	Total
Senin	3	346	330	230	131	1040
Selasa	1	368	329	202	152	1052
Rabu	1	315	374	223	104	1017
Kamis	5	414	324	255	121	1119
Jum'at	2	28	287	195	91	603
Sabtu	1	45	31	18	10	105
Minggu	0	21	24	20	7	72
					MAX	1119
					Average	715.4286


Volume wudhu liter per orang

PENS		
No.	Musholla An-Nahl	Mus D4
1	3.2	2.8
2	3.4	2.6
3	2.2	4.6
4	2.5	2.2
5	3	4
6	3.3	4.2
7	4.1	2.8
8	5.2	4.1
9	2.6	5.6
10	2.6	3.3
Rata-rata	3.415	

PPNS	
Mus. Depan	Mus.Lap. Voli
4	3
2.4	2.6
3.6	3.1
2.2	2.4
4.8	3.6
3.2	5
3.6	2.6
2.8	4.3
2.4	4
2.4	2.8
Rata-rata	3.24

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 6
Spesifikasi Pompa

Position	Count	Description
	1	<p>CM15-3 A-S-G-E-AQQE</p>  <p>Product No.: 97568551</p> <p>CM is a compact horizontal multistage centrifugal pump, close-coupled with a 3-phase, 208-230V/440-480V V, 60 Hz Hz. Foot mounted motor. The pumps is with axial suction port and radial discharge port including a special designed mechanical shaft seal in the solution AQQE. Shaft, impellers, chambers and filling plugs are made of stainless steel. Suction and discharge are made of Stainless steel.</p> <p>The CM can also operate as a CME by connecting the motor to a CUE. Please find more information in the CUE part of WinWebCAPS.</p> <p>Liquid: Pumped liquid: Water Liquid temperature range: -4 .. 248 °F Liquid temperature during operation: 68 °F Density: 62.29 lb/ft³</p> <p>Technical: Speed for pump data: 3480 rpm Actual calculated flow: 7.167 l/s Resulting head of the pump: 50.35 m Primary shaft seal: AQQE Approvals on nameplate: CE,CULUS,WRAS,ACS,TR,EAC Curve tolerance: ISO9906:2012 3B</p> <p>Materials: Pump housing: Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Impeller: Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316 Rubber: EPDM</p> <p>Installation: Maximum ambient temperature: 131 °F Maximum operating pressure: 232.06 psi Max pressure at stated temperature: 145 psi / 250 °F 232 psi / 194 °F</p> <p>Flange standard: INTERNAL NPT THREAD Pump inlet: NPT 2 Pump outlet: NPT 2</p> <p>Electrical data: Motor type: 132BA IE Efficiency class: NEMA Energy / IE2 60Hz / NRC Rated power - P2: 8 HP</p>



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

4/25/2018

Position	Count	Description
		<p>Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 3 x 208-230YY/440-480Y V Service factor: 1 Rated current: 21-20,4/10,5-10,2 A Starting current: 900-1150 % Rated speed: 3520-3540 rpm Motor efficiency at full load: 88,5 % Enclosure class (IEC 34-5): IP55 Insulation class (IEC 85): F</p> <p>Others: Minimum efficiency index, MEI2: 0,59 Net weight: 104 lb Gross weight: 109 lb Country of origin: US Custom tariff no.: 8413.70.2040</p>

LAMPIRAN 7

Compound Interest Factor 7%

610 APPENDIX C: COMPOUND INTEREST TABLES

7%		Compound Interest Factors								7%
		Single Payment		Uniform Payment Series				Arithmetic Gradient		
		Compound Amount Factor Find F Given P	Present Worth Factor Find P Given F	Sinking Fund Factor Find A Given F	Capital Recovery Factor Find A Given P	Compound Amount Factor Find F Given A	Present Worth Factor Find P Given A	Gradient Uniform Series Find A Given G	Gradient Present Worth Find P Given G	
<i>n</i>		<i>F/P</i>	<i>P/F</i>	<i>A/F</i>	<i>A/P</i>	<i>F/A</i>	<i>P/A</i>	<i>A/G</i>	<i>P/G</i>	<i>n</i>
1	1.070	.9346	1.0000	1.0700	0.935	0	0	0	0	1
2	1.145	.8734	.4831	.5531	2.070	1.808	0.483	0.873	0.873	2
3	1.225	.8163	.3111	.3811	3.215	2.624	0.955	2.506	3	3
4	1.311	.7629	.2252	.2952	4.440	3.387	1.416	4.795	4	4
5	1.403	.7130	.1739	.2439	5.751	4.100	1.865	7.647	5	5
6	1.501	.6663	.1398	.2098	7.153	4.767	2.303	10.978	6	6
7	1.606	.6227	.1156	.1856	8.654	5.389	2.730	14.715	7	7
8	1.718	.5820	.0975	.1675	10.260	5.971	3.147	18.789	8	8
9	1.838	.5439	.0835	.1535	11.978	6.515	3.552	23.140	9	9
10	1.967	.5083	.0724	.1424	13.816	7.024	3.946	27.716	10	10
11	2.105	.4751	.0634	.1334	15.784	7.499	4.330	32.467	11	11
12	2.252	.4440	.0559	.1259	17.888	7.943	4.703	37.351	12	12
13	2.410	.4150	.0497	.1197	20.141	8.358	5.065	42.330	13	13
14	2.579	.3878	.0443	.1143	22.551	8.745	5.417	47.372	14	14
15	2.759	.3624	.0398	.1098	25.129	9.108	5.758	52.446	15	15
16	2.952	.3387	.0359	.1059	27.888	9.447	6.090	57.527	16	16
17	3.159	.3166	.0324	.1024	30.840	9.763	6.411	62.592	17	17
18	3.380	.2959	.0294	.0994	33.999	10.059	6.722	67.622	18	18
19	3.617	.2765	.0268	.0968	37.379	10.336	7.024	72.599	19	19
20	3.870	.2584	.0244	.0944	40.996	10.594	7.316	77.509	20	20
21	4.141	.2415	.0223	.0923	44.865	10.836	7.599	82.339	21	21
22	4.430	.2257	.0204	.0904	49.006	11.061	7.872	87.079	22	22
23	4.741	.2109	.0187	.0887	53.436	11.272	8.137	91.720	23	23
24	5.072	.1971	.0172	.0872	58.177	11.469	8.392	96.255	24	24
25	5.427	.1842	.0158	.0858	63.249	11.654	8.639	100.677	25	25
26	5.807	.1722	.0146	.0846	68.677	11.826	8.877	104.981	26	26
27	6.214	.1609	.0134	.0834	74.484	11.987	9.107	109.166	27	27
28	6.649	.1504	.0124	.0824	80.698	12.137	9.329	113.227	28	28
29	7.114	.1406	.0114	.0814	87.347	12.278	9.543	117.162	29	29
30	7.612	.1314	.0106	.0806	94.461	12.409	9.749	120.972	30	30
31	8.145	.1228	.00980	.0798	102.073	12.532	9.947	124.655	31	31
32	8.715	.1147	.00907	.0791	110.218	12.647	10.138	128.212	32	32
33	9.325	.1072	.00841	.0784	118.934	12.754	10.322	131.644	33	33
34	9.978	.1002	.00780	.0778	128.259	12.854	10.499	134.951	34	34
35	10.677	.0937	.00723	.0772	138.237	12.948	10.669	138.135	35	35
40	14.974	.0668	.00501	.0750	199.636	13.332	11.423	152.293	40	40
45	21.002	.0476	.00350	.0735	285.750	13.606	12.036	163.756	45	45
50	29.457	.0339	.00246	.0725	406.530	13.801	12.529	172.905	50	50
55	41.315	.0242	.00174	.0717	575.930	13.940	12.921	180.124	55	55
60	57.947	.0173	.00123	.0712	813.523	14.039	13.232	185.768	60	60
65	81.273	.0123	.00087	.0709	1146.8	14.110	13.476	190.145	65	65
70	113.990	.00877	.00062	.0706	1614.1	14.160	13.666	193.519	70	70
75	159.877	.00625	.00044	.0704	2269.7	14.196	13.814	196.104	75	75
80	224.235	.00446	.00031	.0703	3189.1	14.222	13.927	198.075	80	80
85	314.502	.00318	.00022	.0702	4478.6	14.240	14.015	199.572	85	85
90	441.105	.00227	.00016	.0702	6287.2	14.253	14.081	200.704	90	90
95	618.673	.00162	.00011	.0701	8823.9	14.263	14.132	201.558	95	95
100	867.720	.00115	.00008	.0701	12381.7	14.269	14.170	202.200	100	100

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 8
Hasil Kuesioner Air Bekas Wudhu

Kampus PENS

Responden	Wudhu per minggu	Responden	Wudhu per minggu
1	5	26	20
2	15	27	11
3	8	28	16
4	12	29	20
5	15	30	12
6	10	31	20
7	15	32	12
8	15	33	8
9	10	34	8
10	3	35	6
11	18	36	5
12	10	37	10
13	6	38	17
14	15	39	2
15	21	40	10
16	5	41	23
17	17	42	20
18	13	43	14
19	12	44	10
20	13	45	12
21	17	46	10
22	20	47	14
23	10	48	24
24	14	49	11
25	15	50	12

Responden	Wudhu per minggu		Responden	Wudhu per minggu
51	9		75	11
52	12		76	10
53	13		77	16
54	24		78	15
55	20		79	10
56	15		80	10
57	18		81	15
58	19		82	16
59	15		83	15
60	6		84	0
61	30		85	11
62	10		86	20
63	10		87	18
64	12		88	11
65	9		89	12
66	14		90	16
67	12		91	21
68	10		92	16
69	11		93	21
70	11		94	10
71	11		95	20
72	11		96	15
73	12		Rata-rata	13.27
74	10			

PPNS

Responden	Wudhu per minggu
1	10
2	12
3	10
4	10
5	7
6	6
7	12
8	24
9	4
10	25
11	2
12	4
13	5
14	15
15	14
16	4
17	4
18	12
19	13
20	10
21	2
22	5
23	10
24	3
25	5

Responden	Wudhu per minggu
26	4
27	4
28	4
29	4
30	20
31	3
32	2
33	20
34	4
35	4
36	4
37	6
38	10
39	4
40	0
41	5
42	5
43	5
44	5
45	9
46	10
47	9
48	10
49	10
50	3

Responden	Wudhu per minggu
51	5
52	10
53	4
54	10
55	10
56	0
57	0
58	12
59	5
60	7
61	6
62	5
63	5
64	10
65	7
66	7
67	10
68	4
69	6
70	7
71	7
72	10
73	15
74	5
75	5

Responden	Wudhu per minggu
76	5
77	5
78	4
79	10
80	7
81	4
82	7
83	7
84	6
85	4
86	6
87	4
88	20
89	10
90	7
91	8
92	5
93	30
94	6
95	5
96	4
97	6
98	5
99	5
100	8

Responden	Wudhu per minggu
101	7
102	8
103	4
104	5
105	4
106	5
107	5
108	8
109	7
110	6
111	7
112	6
113	6
114	5
115	6
116	5
Rata-rata	7.29

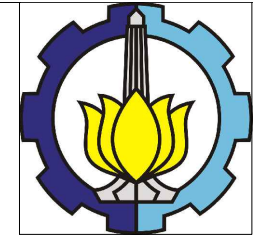
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 8 April 1996, merupakan anak bungsu dari tiga saudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu di SDN Pakis 3 Surabaya, SMP Negeri 4 Surabaya, dan SMA Trimurti Surabaya. Setelah lulus SMA pada tahun 2013, penulis diterima di Departemen Teknik Lingkungan ITS pada tahun 2014. Di Departemen Teknik Lingkungan, penulis sempat aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan, dengan memegang jabatan sebagai Ketua Komunitas KPPL pada periode 2016/2017. Penulis juga sempat aktif menjabat sebagai staff Departemen Seni dan Olahraga BEM Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada periode 2015/2016. Beberapa penelitian dan kegiatan organisasi lainnya telah juga aktif diikuti oleh penulis.

Penulis dapat dihubungi dengan email: cheryko.ar@gmail.com



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

- BETON
- MUKA TANAH
- MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

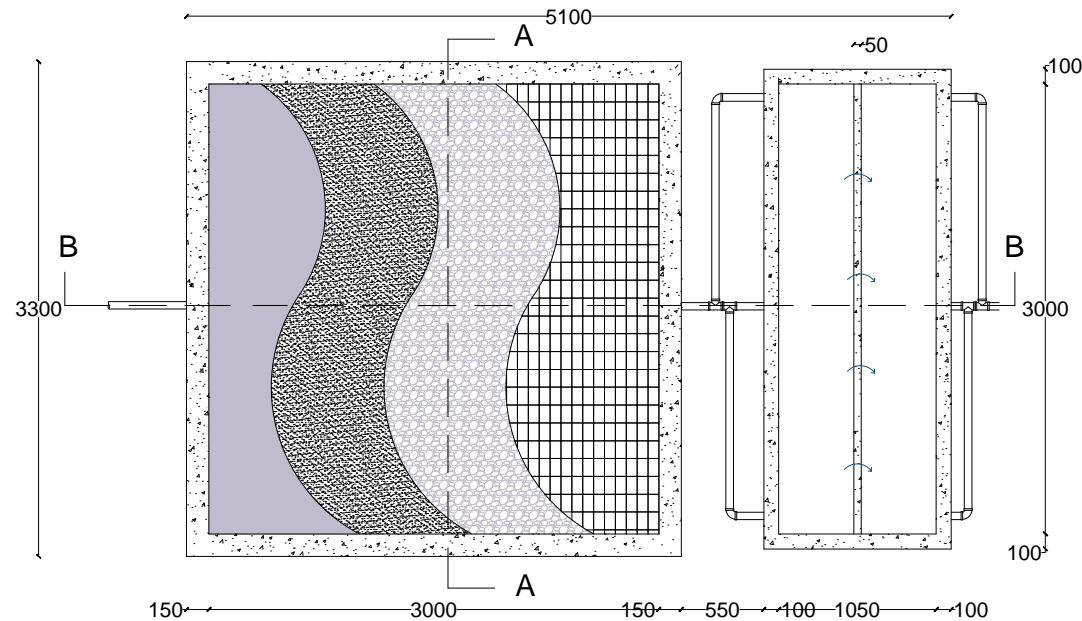
SLOW SAND FILTER

SKALA

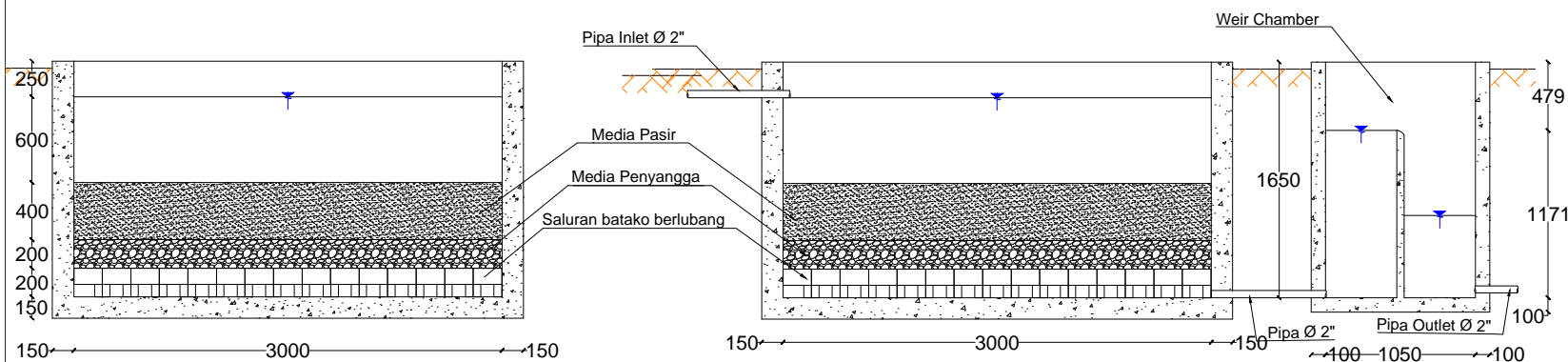
1 : 50

Nomor Gambar

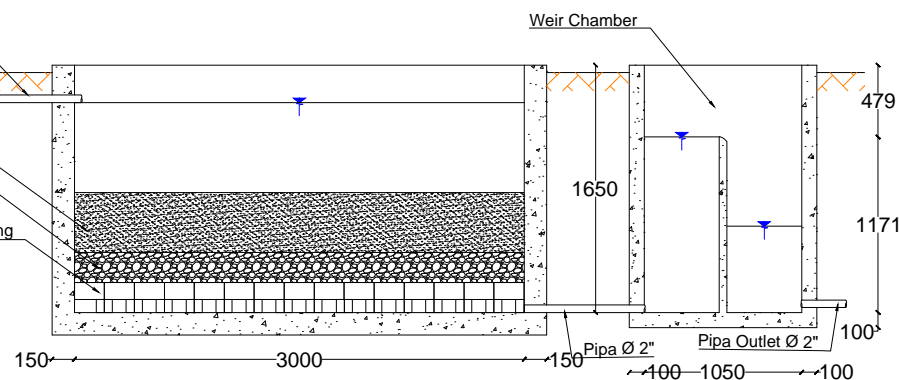
1



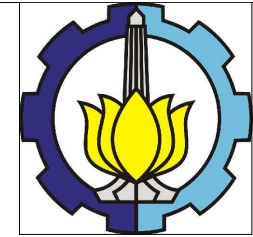
Denah Slow Sand Filter
SKALA 1 : 50



Potongan A-A
SKALA 1 : 50



Potongan B-B
SKALA 1 : 50






DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

-  BETON
-  MUKA TANAH
-  MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

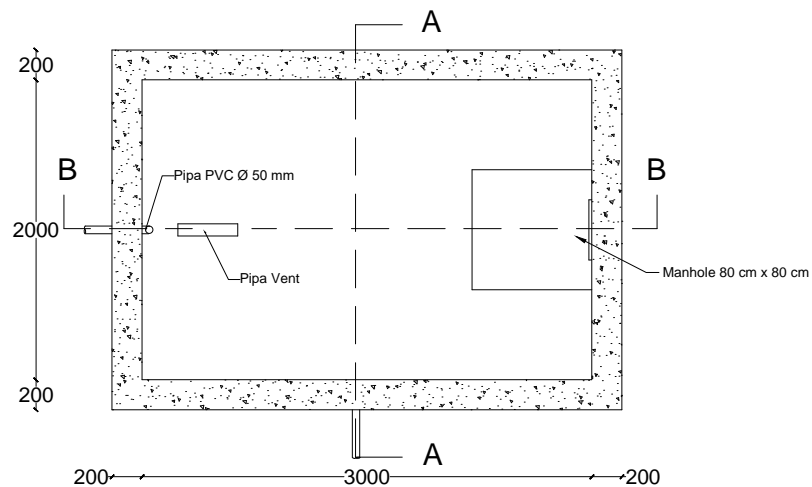
GROUND RESERVOIR 1

SKALA

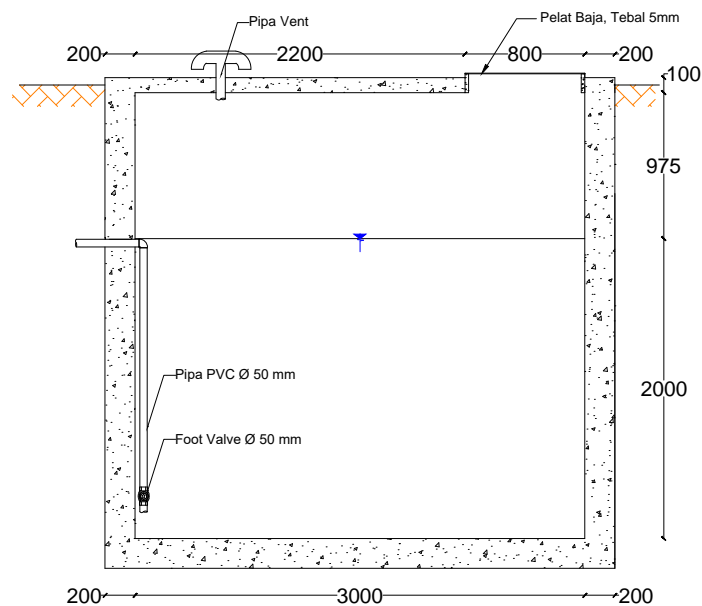
1 : 50

Nomor Gambar

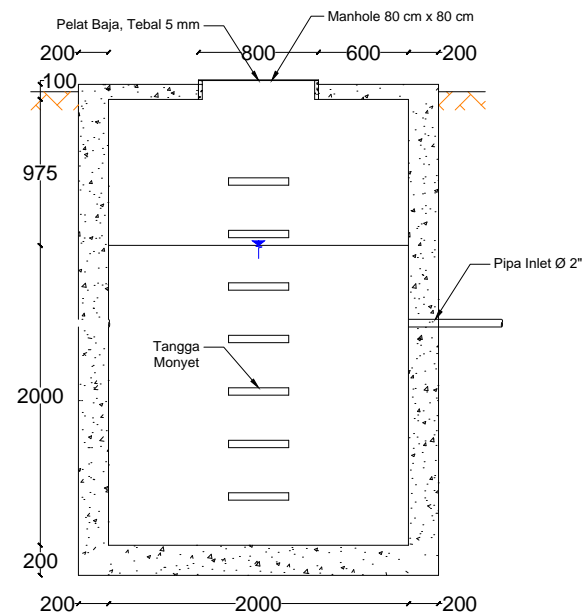
2



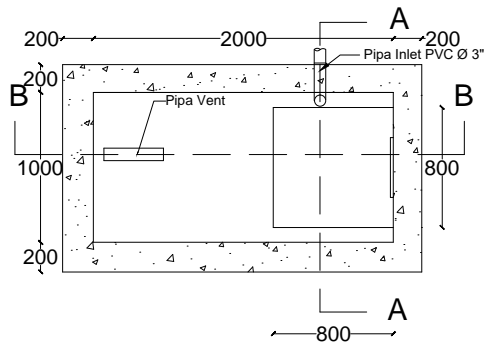
Denah Ground Reservoir
SKALA 1 : 50



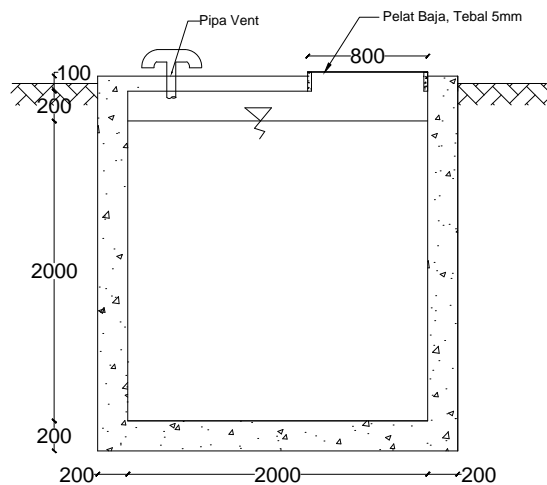
Potongan B - B
SKALA 1 : 50



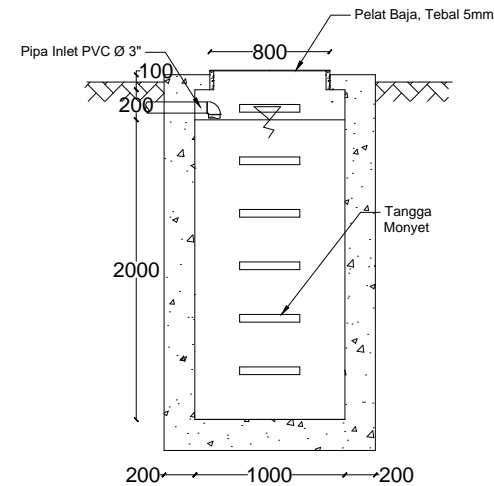
Potongan A - A
SKALA 1 : 50



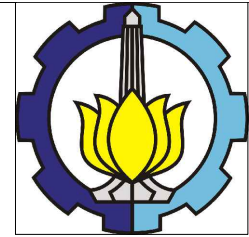
Denah Ground Reservoir
SKALA 1 : 50



Potongan B - B
SKALA 1 : 50



Potongan A - A
SKALA 1 : 50



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

- BETON
- MUKA TANAH
- MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

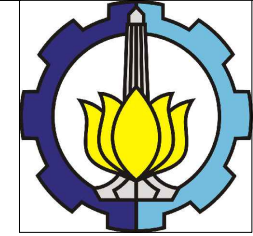
GROUND RESERVOIR 2

SKALA

1 : 50

Nomor Gambar

3



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

-  BETON
-  MUKA TANAH
-  ALIRAN AIR

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

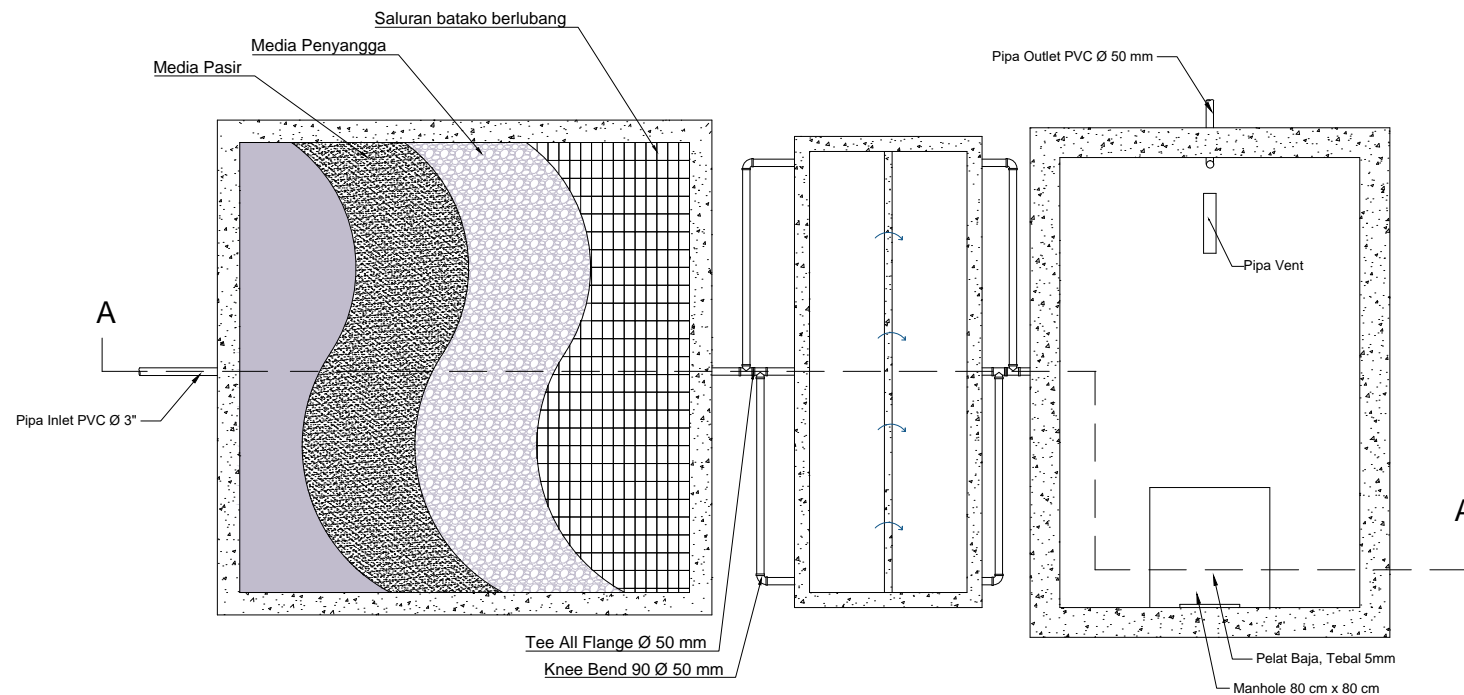
DENAH PENGOLAHAN DAN
RESERVOIR AIR HUJAN DAN AIR
BUANGAN AC

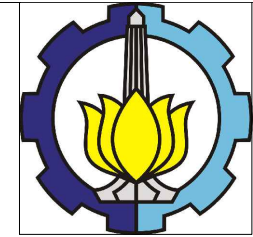
SKALA

1 : 50

Nomor Gambar

4








DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

-  BETON
-  MUKA TANAH
-  MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

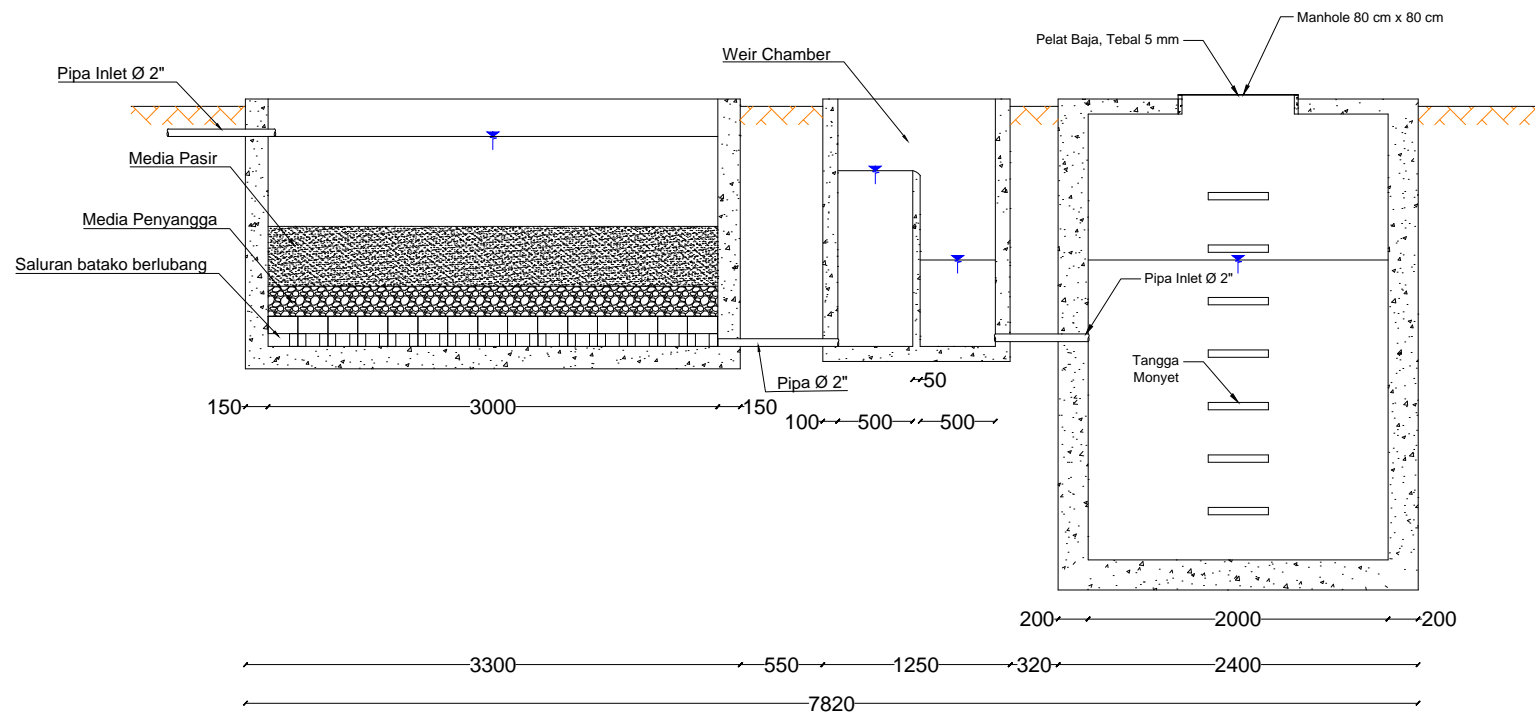
POTONGAN A - A PENGOLAHAN DAN
RESERVOIR AIR HUJAN DAN AIR
BUANGAN AC

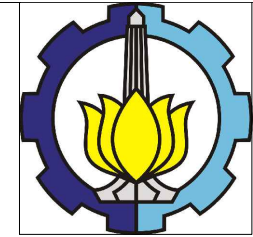
SKALA

1 : 50

Nomor Gambar

5





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

- ATAP GENTENG
- ATAP BETON
- VEGETASI

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

LAYOUT GEDUNG DAN ATAP
KAMPUS PENS

SKALA

1 : 2000

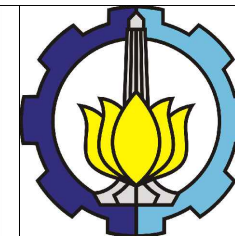
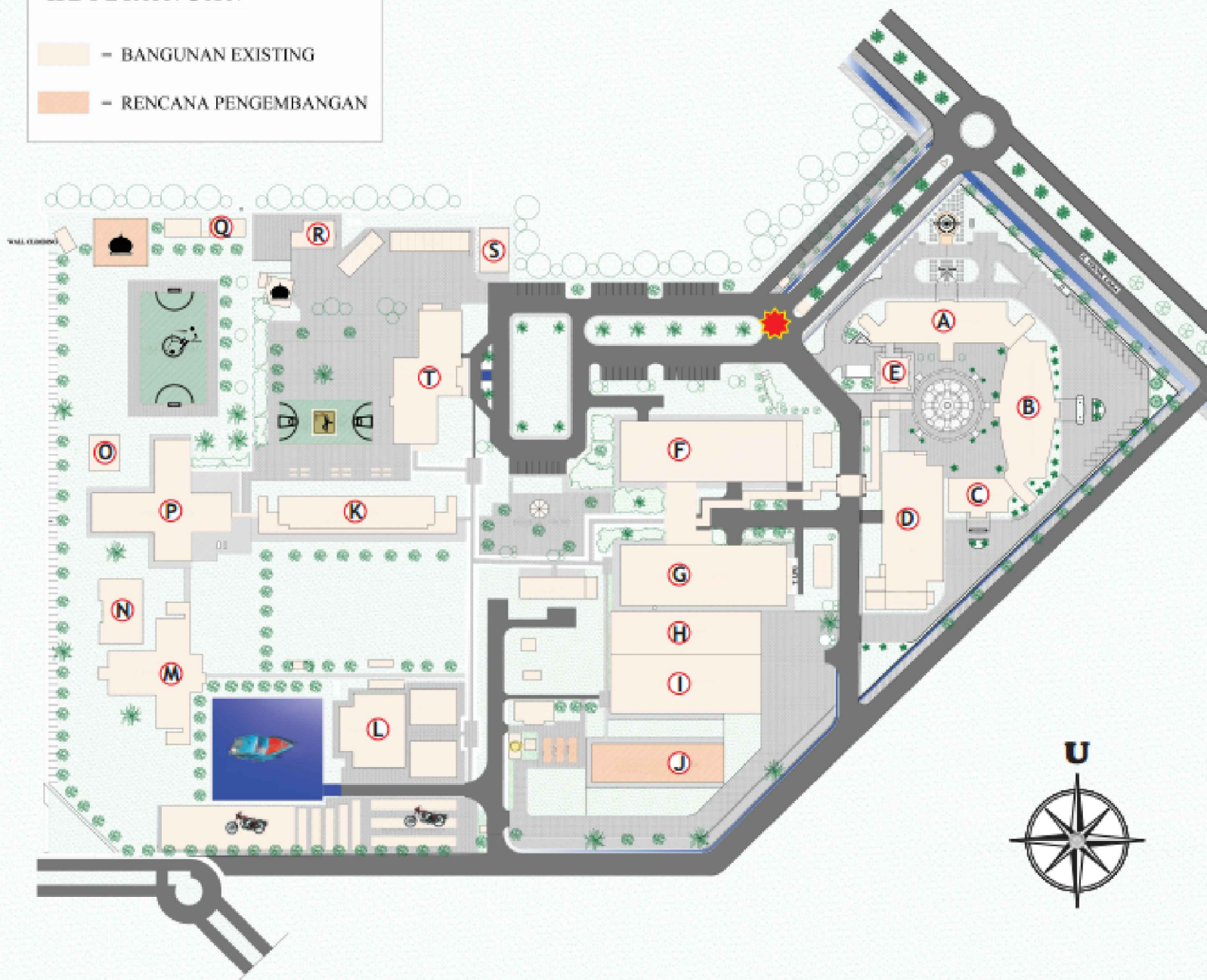
Nomor Gambar

6



KETERANGAN

- BANGUNAN EXISTING
- RENCANA PENGEMBANGAN



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

TUGAS AKHIR

Potensi Penggunaan Kembali Air
Buangan AC, Air Hujan, dan Air
Bekas Wudhu di Lingkungan
Kampus PENS dan PPNS

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

CHERYKO ADIMAS RAHARDJO
0321440000105

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Bowo Djoko Marsono. M.Eng.

JUDUL GAMBAR

LAYOUT GEDUNG DAN ATAP
KAMPUS PPNS

SKALA

1 : 2000

Nomor Gambar

7